**به نام خداوند بخشنده مهربان**

D:\Work\Me\Shafiee-thesis - revised\figures\ATU_logo.eps

**دانشگاه علامه طباطبائی**

**دانشکده ریاضی و علوم رایانه**

**پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته علوم کامپیوتر گرایش نظریه سیستم ها**

**یک الگوریتم شاخه و کرانه برای مسیریابی بدون تداخل خودرو های خودکار در پایانه های کانتینری**

**استاد راهنما:**

**حسن رشیدی**

**استاد مشاور:**

**لطیفه پور محمدباقر اصفهانی**

**پژوهشگر:**

**امیررضا تقی زاده**

**پاییز ۱۴۰۳**

D:\Work\Me\Shafiee-thesis - revised\figures\ATU_logo.eps

**منشور اخلاق پژوهش**

با یاری از خداوند سبحان و اعتقاد به این که عالم محضر خداوند است و همواره ناظر به اعمال انسان و به منظور پاس داشت مقام بلند دانش و پژوهش و نظر به اهمیت جایگاه دانشگاه در اعتلای فرهنگ و تمدن بشری ما دانشجویان دانشکده ‌های دانشگاه علامه طباطبائی متعهد می گردیم اصول زیر را در انجام فعالیت ‌های پژوهشی مد نظر قرار داده و از آن تخطی نکنیم:

1. اصل حقیقت جوئی: تلاش در راستای پی جویی حقیقت و وفاداری به آن و دوری از هرگونه پنهان سازی حقیقت،
2. اصل رعایت حقوق: التزام به رعایت کامل حقوق پژوهشگران و پژوهیدگان (انسان، حیوان و نبات) و سایر صاحبان حق،
3. اصل مالکیت مادی و معنوی: تعهد به رعایت کامل حقوق مادی و معنوی دانشگاه و کلیه همکاران پژوهش،
4. اصل منافع ملی: تعهد به رعایت مصالح ملی و در نظر داشتن پیشبرد و توسعه کشور در کلیه مراحل پژوهش،
5. اصل رعایت انصاف و امانت: تعهد به اجتناب از هرگونه جانب داری غیر علمی و حفاظت از اموال، تجهیزات و منابع در اختیار،
6. اصل رازداری: تعهد به صیانت از اسرار و اطلاعات محرمانه افراد، سازمان هاو کشور و کلیه افراد و نهاد‌های مرتبط با تحقیق،
7. اصل احترام: تعهد به رعایت حریم ‌ها ‌و حرمت ‌ها ‌در انجام تحقیقات و رعایت جانب نقد و خودداری از هرگونه حرمت شکنی،
8. اصل ترویج: تعهد به رواج دانش و اشاعه نتایج تحقیقات و انتقال آن به همکاران علمی و دانشجویان به غیر از مواردی که منع قانونی دارد،
9. اصل برائت: التزام به برائت جوئی از هرگونه رفتار غیر حرفه ای و اعلام موضع نسبت به کسانی که حوزه علم و پژوهش را به شائبه ‌های غیر علمی می آلایند.

**نام و نام خانوادگی:**

**تاریخ و امضا: . . /. . /. .**

D:\Work\Me\Shafiee-thesis - revised\figures\ATU_logo.eps

**تعهدنامه اصالت اثر**

اینجانب **. . . . . . . .** دانش آموخته مقطع تحصیلی **کارشناسی ارشد**رشته **. . . . . .** که در تاریخ . . /. . /. . از پایان نامه خود تحت عنوان **«** . . . . . .  **»** با کسب نمره . . . . . . درجه  **.....** دفاع نموده ام، متعهد می شوم:

1. این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و درمواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از مقاله، کتاب، پایان نامه و غیره) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط ورویه موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست مربوط ذکر و درج کرده ام.
2. این پایان نامه قبلا برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است.
3. چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده از هرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و ازین دست موارد از این پایان نامه را داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه علامه طباطبائی مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.
4. چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را می پذیرم و دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و درصورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچ گونه ادعائی نخواهم داشت.

**نام و نام خانوادگی:**

**تاریخ و امضا: . . /. . /. .** .

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **D:\Work\Me\Shafiee-thesis - revised\figures\ATU_logo.eps**  **تاییدیه هیأت داوران جلسه دفاع از پایان نامه ویژه کتابخانه مرکزی** | | |
| پایان نامه آقای/خانم **. . . . . . . .**با عنوان **. . . .** در رشته **. . . . . .** گرایش **. . . . . . .** در تاریخ  **. . ./. . /. .** با نمره نهایی به عدد **. . . . . .**  و به حروف **. . . . . . .** دفاع شده و تمامی نظرات اعلام شده در جلسه دفاع توسط دانشجو در پایان نامه اعمال و یا اصلاح شده‌است. | | |
| **استاد /استادان راهنما** | **نام و نام خانوادگی**  (به صورت کامل به همراه پبشوند و پسوند) | **امضاء** |
| **استاد /استادان مشاور** | **نام و نام خانوادگی** (به صورت کامل به همراه پبشوند و پسوند) | **امضاء** |
| **استاد /استادان داور**  (تمامی داوران داخلی و خارجی ذکر شوند ) | **نام و نام خانوادگی** (به صورت کامل به همراه پبشوند و پسوند) | **امضاء** |
| **مدیر گروه آموزشی** | **نام و نام خانوادگی** (به صورت کامل به همراه پبشوند و پسوند) | **امضاء** |
| **نماینده تحصیلات تکمیلی** | **نام و نام خانوادگی** (به صورت کامل به همراه پبشوند و پسوند) | **امضاء** |
| **این گواهی جهت ارائه به کتابخانه مرکزی برای تسویه حساب پایان نامه دانشجو صادر شده و فاقد هرگونه ارزش قانونی دیگری است.** | | |

**تقدیم به مادر عزیزم و برادر گرانبهایم**

**و**

**روح پدر بزرگوارم**

**با سپاس فراوان از اساتید محترم، به ویژه جناب آقای دکتر رشیدی، سرکار خانم دکتر پور محمدباقر اصفهانی و سرکار خانم دکتر آزادی پرند، که با راهنمایی‌ها و حمایت‌های ارزشمندشان، این پژوهش به سرانجام رسید.**

چکیده

با افزایش تعداد کانتینرها، به‌منظور بهبود کارایی بنادر، نیاز به استفاده بیشتر از ماشین‌آلات خودکار (AGV[[1]](#footnote-1)) وجود دارد. با توجه به هزینه‌های بالای جرثقیل‌های بندری، خرید بیشتر جرثقیل‌های جرثقیل انباشت خودکارASC[[2]](#footnote-2)) ) و جرثقیل های اسکله QC[[3]](#footnote-3))) مقرون‌به‌صرفه نیست؛ از این رو، افزایش تعداد AGVها به‌عنوان راهکاری اقتصادی‌تر مطرح می‌شود. با این حال، افزایش بی‌رویه‌ی AGVها ممکن است به مشکلاتی چون تداخل و ترافیک منجر شود که باعث کاهش کارایی بندر خواهد شد.

در این پژوهش، روشی برای توزیع عملیات کانتینری بین AGVها به‌صورت بدون تداخل ارائه می‌شود. مسئله شامل جابه‌جایی تعداد مشخصی از کانتینرها بین محوطه‌ی ذخیره‌سازی و اسکله با استفاده از چندین AGV است. این مساله به صورت مدل عدد صحیح مختلط (MIP[[4]](#footnote-4))، مدلسازی می گردد. حل متداول این مدل بهینه سازی، با استفاده از الگوریتم شاخه و کرانه (B&B[[5]](#footnote-5)) می باشد اما به علت در نظر گرفتن تداخل، پیچیدگی مساله، و در نتیجه تعداد محدودیت های مساله، افزایش یافته است. به همین دلیل، روش های ابتکاری[[6]](#footnote-6) و تسریع کننده متناسب با ماهیت مساله در نظر گرفته شده که زمان حل مساله را به طور قابل توجهی کاهش می دهد.

*پاراگراف مربوط به نتایج آزمایش ها*

**کلیدواژه‌ها**: **توزیع AGVها، مسیریابی، روش های مسیر یابی بدون تداخل، روش شاخه و کرانه**

**فهرست مطالب**

[فصل 1 کلیات 8](#_Toc179584755)

[1ـ1 مقدمه 9](#_Toc179584756)

[1ـ2 طرح مساله 9](#_Toc179584757)

[1ـ3 روش تحقیق 9](#_Toc179584758)

[1ـ4 دستاورد ها 9](#_Toc179584759)

[1ـ5 ساختار گزارش 9](#_Toc179584760)

[فصل 2 مفاهیم و تعاریف اولیه 10](#_Toc179584761)

[2ـ1 مقدمه 11](#_Toc179584762)

[2ـ2 تعاریف مربوط به بنادر 11](#_Toc179584763)

[2ـ3 تعاریف مربوط به بهینه سازی 11](#_Toc179584764)

[2ـ3ـ1 تعاریف بهینه سازی خطی 11](#_Toc179584765)

[2ـ3ـ2 تعاریف بهینه سازی عدد صحیح 11](#_Toc179584766)

[2ـ3ـ3 تعاریف الگوریتم های اکتشافی 11](#_Toc179584767)

[2ـ4 جمع بندی 11](#_Toc179584768)

[فصل 3 بررسی رویکرد های موجود 13](#_Toc179584769)

[3ـ1 مقدمه 14](#_Toc179584770)

[3ـ2 رویکرد بدون در نظر گرفتن تداخل 14](#_Toc179584771)

[3ـ2ـ1 روش سیمپلکس شبکه پیشرفته 14](#_Toc179584772)

[3ـ2ـ2 روش سیبپلکس شبکه پویا 14](#_Toc179584773)

[3ـ3 رویکرد های با در نظر گرفتن تداخل 14](#_Toc179584774)

[3ـ3ـ1ـ1 مدل دو سطحی با استفاده از الگوریتم ژنتیک 14](#_Toc179584775)

[3ـ3ـ1ـ2 مدل ترکیبی ژنتیک و ازدحام ذرات 14](#_Toc179584776)

[3ـ4 مقایسه روش ها 14](#_Toc179584777)

[3ـ5 خلاصه و جمع بندی 14](#_Toc179584778)

[فصل 4 روش پیشنهادی 15](#_Toc179584779)

[4ـ1 مقدمه 16](#_Toc179584780)

[4ـ2 فرضیات روش پیشنهادی 16](#_Toc179584781)

[4ـ3 مدلسازی مساله 16](#_Toc179584782)

[4ـ4 محدودیت های مساله 18](#_Toc179584783)

[4ـ4ـ1 دسته ی اول: محدودیت های تخصیص وظیفه کانتینری: 18](#_Toc179584784)

[4ـ4ـ2 دسته ی سوم: محدودیت های مربوط به تداخل AGVها 21](#_Toc179584785)

[4ـ4ـ3 دسته ی چهارم: محدودیت های مربوط به زمان 21](#_Toc179584786)

[4ـ4ـ4 دسته ی پنجم محدودیت های دامنه ی متغیر های تصمیم 21](#_Toc179584787)

[4ـ5 چارچوب روش پیشنهادی 21](#_Toc179584788)

[4ـ6 شرح جزئیات داخل چارچوب 21](#_Toc179584789)

[4ـ7 خلاصه و جمع بندی 21](#_Toc179584790)

[فصل 5 ارزیابی روش پیشنهادی 22](#_Toc179584791)

[5ـ1 مقدمه 23](#_Toc179584792)

[5ـ2 داده های مورد آزمایش 23](#_Toc179584793)

[5ـ3 جزئیات پیاده سازی روش پیشنهادی 23](#_Toc179584794)

[5ـ4 تحلیل نتایج آزمایشات 23](#_Toc179584795)

[5ـ5 خلاصه و جمع بندی 23](#_Toc179584796)

[فصل 6 نتایج بدست آمده و کارهای آتی 24](#_Toc179584797)

[6ـ1 خلاصه ای از کارهای انجام شده 25](#_Toc179584798)

[6ـ2 نتایج بدست آمده 25](#_Toc179584799)

[6ـ3 کارهای آتی 25](#_Toc179584800)

[کتابنامه 26](#_Toc179584801)

[پیوست 28](#_Toc179584802)

[واژه‌نامه 30](#_Toc179584803)

**فهرست جدول‌ها**

[جدول ‏2–1 عنوان جدول 12](#_Toc179584384)

[جدول ‏4–1 پارامتر های مساله 16](#_Toc179584385)

[جدول ‏4–2 مجموعه های مساله 17](#_Toc179584386)

[جدول ‏4–3متغیر های تصمیم 17](#_Toc179584387)

[جدول ‏4–4متغیر های تصمیم واسطه 18](#_Toc179584388)

**فهرست شکل‌ها و نمودارها**

[شکل ‏2‑1 یک تصویر نمونه 12](#_Toc179584389)

**فهرست اصطلاحات استفاده شده در پایان نامه**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **مخفف** | **اصطلاح** | **ترجمه** |
| **AGV** | **Automated Guided Vehicles** |  |
| **ASC** | **Automated Stacked Cranes** |  |
| **MIP** | **Mixed Integer Programming** |  |
| **B&B** | **Branch and Bound** |  |
| **HP** | **Handover Points** |  |
| **QC** | **Quay Crane** |  |
| **ACT** | **Automated Container Terminal** |  |
| **GVS** | **Greedy Vehicle** |  |
| **GA** | **Genetic Algorithm** |  |
| **PSO** | **Particle Swarm Algorithm** |  |
| **NSA** | **Network Simplex Algorithm** |  |
| **DNSA** | **Dynamic Network Simplex Algorithm** |  |

# کلیات

در این فصل، ابتدا مقدمه‌ای جامع پیرامون بخش‌های مختلف بنادر دریایی و چالش‌های اساسی مرتبط با آن‌ها ارائه می‌شود. در ادامه، به تفصیل به بیان مسئله و همچنین راهکار پیشنهادی این پژوهش برای حل آن پرداخته خواهد شد. این بخش همچنین به مرور دستاوردها و نتایج اصلی تحقیق می‌پردازد. در انتها، ساختار کلی گزارش به‌صورت مختصر تشریح می‌گردد تا مسیر تحقیق و مراحل پژوهش به‌طور شفاف مشخص شود.

## مقدمه

در چند دهه­ی گذشته، تحقیقات بسیاری به خودروهای خودران AGV[[7]](#footnote-7) اختصاص داده شده است. امروزه، این خودروها به دلیل داشتن توانایی در جابه­جایی تجهیزات، کالاها و کانتینرها، بسیار رایج شده­اند. خودرو­های AGV راه­حل­های کارا و انعطاف­پذیری را برای سیستم­های تولیدی و حمل­و نقل به ارمغان می­آورند.

مسئله‌ی توزیع و مسیریابی وسایل نقلیه به عنوان یکی از موضوعات مهم و کاربردی در حوزه‌های مدیریت زنجیره‌ی تأمین و لجستیک مورد توجه قرار گرفته است. این مسئله شامل تخصیص بهینه‌ی کارهای حمل و نقلی به وسایل نقلیه و طراحی یک مسیر هدایت برای خودروها به‌صورت بهینه در طول زمان است. اهداف اصلی در این زمینه، کاهش زمان جابه‌جایی، به حداقل رساندن مصرف سوخت و افزایش بهره‌وری عملیات حمل و نقل می‌باشد. مسیریابی و برنامه‌ریزی برای وسایل نقلیه به‌ویژه در حوزه‌های مختلفی همچون شرکت‌های ارسال کالا، تأسیسات حمل و نقل، سیستم‌های تولیدی انعطاف‌پذیر و عملیات کارگاهی به‌طور گسترده مورد استفاده قرار(Laporte, 2009)

در این تحقیق، تمرکز اصلی بر مسئله‌ی مسیریابی و توزیع کارهای کانتینری به خودروهای خودکار (AGV) در پایانه‌های خودکار بندری است. در این سیستم‌ها، خودروهای خودکار نقش کلیدی در جابه‌جایی کانتینرها بین کشتی‌ها و محوطه‌های ذخیره‌سازی دارند. بنابراین، تعیین بهترین مسیر و برنامه‌ریزی بهینه برای این خودروها می‌تواند به طور مستقیم در کاهش زمان‌های انتظار، بهبود عملکرد کلی بندر و کاهش هزینه‌های عملیاتی مؤثر باشد (Vis & De Koster, 2003) به این ترتیب، مطالعه و به‌کارگیری روش‌های کارا و مؤثر برای مسیریابی AGVها در پایانه‌های کانتینری، به عنوان یکی از چالش‌های اساسی در زمینه‌ی مدیریت هوشمند بنادر شناخته می‌شود.

## طرح مساله

در بنادر دریایی، کانتینرها از کشتی‌ها توسط جرثقیل‌های اسکله (QC[[8]](#footnote-8)) بر روی خودروهای AGV قرار می‌گیرند. این خودروها بدون سرنشین و توسط رایانه کنترل می‌شوند و نقش مهمی در انتقال کانتینرها از محوطه‌ی دریا به مناطق ذخیره‌سازی در محوطه‌ی کانتینری دارند و بالعکس. در محوطه‌ی ذخیره‌سازی، کانتینرها مجدداً توسط جرثقیل‌های ذخیره‌سازی خودکار (ASC[[9]](#footnote-9)) بر روی AGVها قرار می‌گیرند تا برای عملیات بعدی آماده شوند (Weerasinghe et al., 2024a)

با افزایش روزافزون حجم کانتینرها و نیاز به بهره‌وری بیشتر بنادر، استفاده از تجهیزات خودکار مانند AGVها به گزینه‌ای اقتصادی‌تر نسبت به خرید جرثقیل‌های جدیدتر تبدیل شده است. قیمت بالای جرثقیل‌های بندر، مانند QC و ASC، باعث می‌شود که سرمایه‌گذاری بر روی AGVها گزینه‌ای به‌صرفه‌تر به نظر آید (Yu et al., 2024)

.با این حال، افزایش تعداد AGVها بدون مدیریت دقیق می‌تواند موجب تداخل مسیرها و ترافیک شود که به کاهش کارایی بندر می‌انجامد (Weerasinghe et al., 2024b) از این رو، ارائه‌ی راهکاری برای جلوگیری از تداخل AGVها و بهبود مسیر‌یابی آنها ضروری است.

در این پژوهش، یک راهکار بدون تداخل برای توزیع و مسیر‌یابی AGVها در محوطه‌های ذخیره‌سازی و اسکله ارائه شده است. این راهکار با در نظر گرفتن محدودیت‌های فضای بندر و منابع موجود، می‌تواند به بهبود کارایی و بهره‌وری در بنادر منجر شود.

## روش تحقیق

در این پژوهش، ابتدا به بررسی مدل‌سازی و تصمیم‌گیری‌های مرتبط با بنادر بدون لحاظ تداخل پرداخته شده و سپس رویکردهای موجود برای مدیریت تداخلات مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه، به مدلسازی مسئله و تبیین پارامترهای کلیدی مرتبط با عملکرد AGVها پرداخته می‌شود. پس از آن، یک مدل مبتنی بر الگوریتم شاخه و کرانه (B&B[[10]](#footnote-10)) جهت حل مسئله ارائه و نتایج حاصل از آن با استفاده از یک الگوریتم ژنتیک مقایسه می‌شود تا کارایی و دقت روش‌ها ارزیابی گردد.

## دستاورد ها

دستاورد های این پژوهش، ارائه ی رویکردی کارا جهت مسیریابی بدون تداخل AGVها می باشد. بدلیل پیچیده بودن مساله، ارایه چنین رویکردی، حائز اهمیت است.

## ساختار گزارش

در ابتدا به بررسی مطالعات انجام شده بدون در نظر گرفتن تداخلات AGVها پرداخته و سپس، تداخل در نظر گرفته می شود. سپس به ارائه ی مدل B&B و حل با داده های تصادفی، پرداخته و نتایج با الگوریتم ژنتیک مقایسه می گردد.

# مفاهیم و تعاریف اولیه

## مقدمه

(در مقدمه این فصل توضیحات کلی در مورد محتوای فصل ارائه می‌شود.)

## تعاریف مربوط به بنادر

(در این بخش پژوهشگر باید با بررسی مبانی نظری گوناگون، چهارچوب نظری عنوان پژوهش خویش را تعیین کرده و مشخص سازد. مقصود از مبانی نظری بازگویی نظریه‌ها، الگوه‌ها، چهارچوب‌ها، تعریف‌ها و رویکردهای موجود در خصوص موضوع پژوهش است.)

## تعاریف مربوط به بهینه سازی

(این بخش بیانگر پژوهش‌هایی است که تاکنون در رابطه با عنوان پژوهش گزارش شده اند.)

### تعاریف بهینه سازی خطی

(در این بخش توضیحات مقدماتی در زمینه پیشینه‌های موضوع ارائه می‌شود که ضمن اشاره به دامنه موضوعی پژوهش‌های پیشین، به میزان جامعیت و دقت شناسایی آن پژوهش‌ها و گروه‌بندی پژوهش‌های شناسایی شده می‌پردازد.)

### تعاریف بهینه سازی عدد صحیح

(در این بخش پژوهش‌های انجام شده در داخل کشور به صورت گروه‌بندی شده مرور می‌شود. پژوهشگر باید در نگارش هر پیشینه پژوهش به نام پژوهشگر(ها)، سال انجام پژوهش، موضوع و یا هدف پژوهش، روش‌شناسی پژوهش و یافته‌های حاصل از آن بپردازد.)

### تعاریف الگوریتم های اکتشافی

(در این بخش پژوهش‌های انجام شده در خارج از کشور به صورت گروه‌بندی شده مرور می‌شود. پژوهشگر باید در نگارش هر پیشینه پژوهش به نام پژوهشگر(ها)، سال انجام پژوهش، موضوع و یا هدف پژوهش، روش‌شناسی پژوهش و یافته‌های حاصل از آن بپردازد.)

## جمع بندی

(در این بخش باید پیشینه‌های مطالعه شده مورد استنتاج قرار گیرند. و نیاز به انجام پژوهش‌های جدید در آن حوزه به روشنی تبیین گردد.)

C:\Program Files (x86)\Microsoft Office\MEDIA\CAGCAT10\j0217698.wmf

شکل ‏2‑1 یک تصویر نمونه

جدول ‏2–1 عنوان جدول

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **عنوان** | **عنوان** | **عنوان** |
| متن | متن | متن |
|  |  |  |
|  |  |  |

# بررسی رویکرد های موجود

## مقدمه

(در مقدمه این فصل توضیحات کلی در مورد محتوای فصل ارائه می‌شود.)

## رویکرد بدون در نظر گرفتن تداخل

### روش سیمپلکس شبکه پیشرفته

### روش سیبپلکس شبکه پویا

(در این بخش با توجه به اهداف پژوهش، طرح، رویکرد، و یا روش پژوهش مشخص می‌شود. به‌طور کلی پژوهش‌ها از نظر هدف به سه روش بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای انجام می‌شوند و از نظر گردآوری داده‎‌ها به روشهای توصیفی، همبستگی، تجربی، پیمایشی، تحلیل محتوا، تاریخی و جز آن تقسیم می‌شوند)

## رویکرد های با در نظر گرفتن تداخل

### مدل دو سطحی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

### مدل ترکیبی ژنتیک و ازدحام ذرات

(در این بخش جامعه آماری پژوهش به تفکیک مشخصاتی مانند سن، جنس و ... توصیف می‌شود. منظور از جامعه پژوهش مجموعه اعضای حقیقی یا فرضی مورد مطالعه است که نتیجه‌های پژوهش به آنها مربوط می‌شود.)

## مقایسه روش ها

(در این بخش نحوه انتخاب نمونه‌های آماری، متناسب با اندازه جامعه پژوهش و روش پژوهش توصیف می‌شود. به‌طور کلی برای نمونه‌گیری از روشهای احتمالی (مانند تصادفی، نظام‌مند، طبقه‌ای، خوشه‌ای و جزء آن) و غیراحتمالی (مانند داوطلبانه، سهمیه‌ای، هدفمند و جزء ان) استفاده می‌شود.)

## خلاصه و جمع بندی

(در این بخش با توجه به روش پژوهش، روش گردآوری داده‌ها تبیین می‌شود به‌طور کلی برای جمع‌آوری داده‌ها یکی از روش‌های مصاحبه، مشاهده، پرسشنامه و تحلیل اسناد و مدارک استفاده می‌شود.)

# روش پیشنهادی

## مقدمه

## فرضیات روش پیشنهادی

(در این بخش، داده‌های گردآوری شده در فرآیند اجرای پژوهش در قالب متن، آزمون آماری (توصیفی و استنباطی) ، نمودار، و جدول بر مبنای پرسش‌ها یا فرضیه‌های پژوهش گروه‌بندی شده و سپس تجزیه و تحلیل می‌شوند.)

## مدلسازی مساله

مساله مورد بحث، به شکل یک مساله ی عدد صحیح مختلط می باشد. چهار رکن اصلی مساله ی بهینه سازی، **پارامترها، مجموعه ها، متغیر های تصمیم و محدودیت**[[11]](#footnote-11) **های مساله** می باشند. این محدودیت ها از ماهیت مساله ی مدلسازی شده ناشی می شوند.

الف) پارامتر های مساله به شرح زیر می باشند:

جدول ‏4–1 پارامتر های مساله

|  |  |
| --- | --- |
| **پارامتر** | **شرح پارامتر** |
| **m** | اندیس جرثقیل QC |
| **(m,i)** | اندیس کانتینر، به معنی i-امین کار QC[[12]](#footnote-12) شماره m |
| **(m,id)** | اندیس آخرین کار کانتینری روی جرثقیل QC شماره m |
| ***l*** | اندیس AGV |
| **(m, i, )** | -امین عمل کانتینر (m,i) و |
| **M** | عدد مثبت بزرگ |
|  | *سرعت* AGV *ها که یکنواخت در نظر گرفته شده است.* |
|  | *زمان مورد نیاز برای یک* QC *برای جابجایی کانتینر (m,i)* |
|  | *زمان مورد نیاز برای یک* AGV *برای گذاشتن (برداشتن) کانتینر (m,i) بر (از) روی* AGV-Support |
|  | *مسیر عمودی برای یک* QC *جهت جابجایی کانتینر (m,i) به طوریکه* |
|  | *سمت چپ‌ترین مسیر عمودی بلوکی که* کانتینر (m,i) *را ذخیره کرده است.* |
|  | *سمت راست ترین مسیر عمودی بلوکی که کانتینر* (m,i) *را ذخیره کرده است* |
|  | *زمان مورد نیاز برای یک* QC *جهت تعویض*[[13]](#footnote-13) *از کانتینر* (m,i) به (m,i+1) |

مجموعه های مساله به شرح زیر می باشند:

جدول ‏4–2 مجموعه های مساله

|  |  |
| --- | --- |
| **مجموعه** | **شرح مجموعه** |
| **B** | مجموعه ی AGVها |
| **L** | مجموعه ی کانتینر های بارگذاری[[14]](#footnote-14) |
| **D** | مجموعه ی کانتینر های تخلیه[[15]](#footnote-15) |
|  | مجموعه ی تمامی کانتینر ها |
|  | مجموعه اعمال عمودی AGVها[[16]](#footnote-16) که |
|  | مجموعه اعمال افقی AGVها [[17]](#footnote-17)که |
|  | مجموعه تمامی اعمال AGVها*.* |
|  | مجموعه ی مسیر[[18]](#footnote-18) های عمودی محدوده ی عملیات[[19]](#footnote-19) AGV که |
|  | مجموعه ی مسیر[[20]](#footnote-20) های افقی محدوده ی عملیات AGV که |
|  | مجموعه ی مسیرهای افقی در محدوده عملیاتی دریایی [[21]](#footnote-21) به طوریکه |
|  | مجموعه ی راه های افقی برای |
|  | *مجموعه ای از جفت کانتینر های (m,i,n,j) به طوریکه (m,i) باید قبل (n,j) باشد.  در اینجا عملیات ب* QC ها و عملیات ASCها می باشد |

متغیر های تصمیم [[22]](#footnote-22) مساله به شرح زیر می باشند:

جدول ‏4–3متغیر های تصمیم

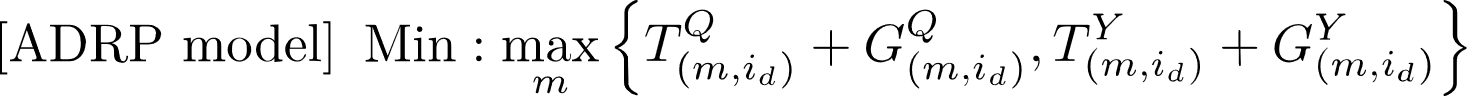
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **متغیر** | **شرح متغیر** | **دامنه** |
|  | *اگر کانتینر (n, j) بلافاصله پس از کانتینر (m, i) انجام شود و هر دو بهAGV شماره l تخصیص داده شوند.* | *دودویی* |
|  | *اگر عمل (m,i,) قبل از (n,j,) انجام شود* | *دودویی* |
|  | *اگر جابه‌جایی کانتینر با* QC *و عمل افقی همزمان انجام شوند* | *دودویی* |
|  | *اگر موقعیت پایانی عمل بر روی مسیر عمودی x باشد* | *دودویی* |
|  | *اگر موقعیت پایانی عمل بر روی مسیر افقی y باشد* | *دودویی* |
|  | *اگر موقعیت آغازی عمل بر روی مسیر عمودی x باشد* | *دودویی* |
|  | *اگر موقعیت آغازی عمل بر روی مسیر عمودی x باشد.* | *دودویی* |
|  | *زمان آغازی برای جابه‌جایی کانتینر (m,i) توسط* QC | حقیقی |
|  | *زمان آغازی برای قرار دادن (برداشتن) کانتینر (m,i) بر روی (از روی) AGV-Support توسط AGV* | حقیقی |
|  | *زمان آغازی برای شروع کانتینر (m,i) توسط AGV* | حقیقی |

*متغیر های واسطه* [[23]](#footnote-23) *مدل به شرح زیر هستند:*

جدول ‏4–4متغیر های تصمیم واسطه

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **متغیر** | **شرح متغیر** | **دامنه** |
|  | *زمان مورد نیاز یک AGV جهت انتقال از محل پایان عملیات به محل پایان عملیات دیگر . این متغیر می تواند توسط متغیر های و محاسبه گردد. (که سرعت AGV را نشان می دهد.)* | *حقیقی* |
|  | *مسیر عمودی که محل پایان عملیات (m, i, α) در آن قرار دارد.* | صحیح |
|  | *مسیر افقی که محل پایان عملیات (m, i, α) در آن قرار دارد* | *صحیح* |

مدل ریاضیاتی مساله به صورت ( 1 ) است. در این مدل، هدف کمینه نمودن زمان کل عملیات [[24]](#footnote-24) می باشد. این زمان، برابر است با طولانی ترین کار کانتینری. اگر آخرین کار کانتینری جرثقیل QC شماره m یک کار بارگذاری باشدو برابر با  *خواهد بودو در غیر اینصورت برابر با است.*



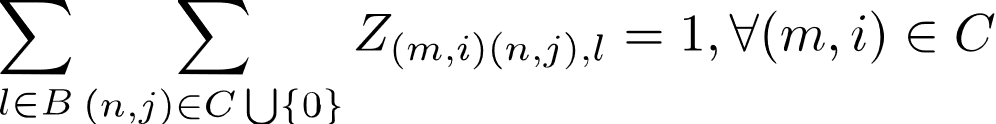
( 1 )

## محدودیت های مساله

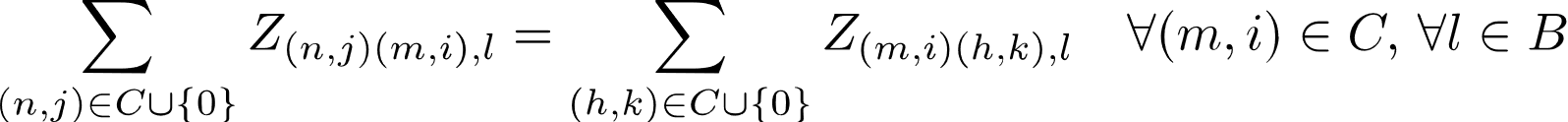
با توجه به فرضیه ها، محدودیت های مساله به ۵ دسته ی کلی تقسیم می شوند:

### دسته ی اول: محدودیت های تخصیص وظیفه کانتینری:

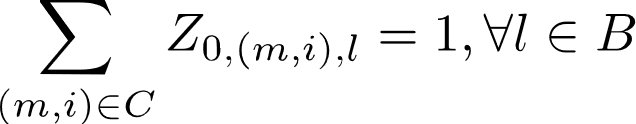
محدودیت‌های تخصیص **وظیفه‌ی کانتینری** مشخص می‌کنند که کدام کانتینر توسط AGV حمل می‌شود و ترتیب حمل کانتینرها توسط AGV چگونه است؛ همچنین اطمینان می‌دهند که مدل چرخه‌زنی دوگانه ی جرثقیل‌های دروازه‌ای (QC) به کار گرفته شده است. محدودیت ( 2 )تضمین می‌کند که هر کانتینر توسط یک AGV پردازش شود، که در اینجا ۰ به عنوان یک گره مجازی عمل می‌کند. محدودیت ( 3 ) پیوستگی عملیات AGVها را تضمین می‌کند، به این معنی که هر کانتینر برای عملیات AGV یک پیشرو یا یک جانشین دارد. محدودیت ( 4 )تضمین می‌کند که هر AGV باید عملیات خود را از گره مجازی آغاز کند. محدودیت ( 5 ) تضمین می‌کند که هر AGV باید عملیات خود را در گره مجازی به پایان برساند. محدودیت‌های ( 6 ) و ( 7 )



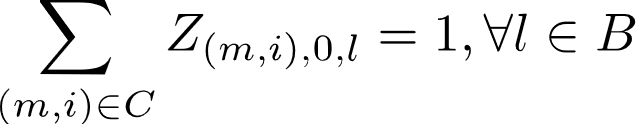
( 2 )



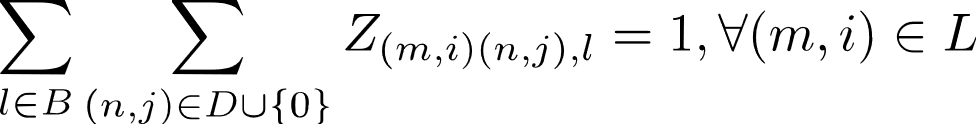
( 3 )



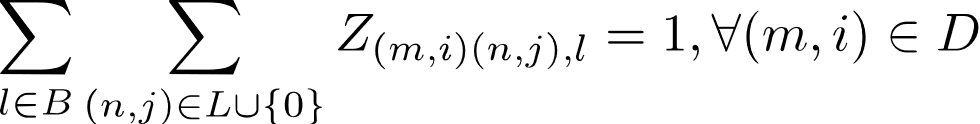
( 4 )



( 5 )



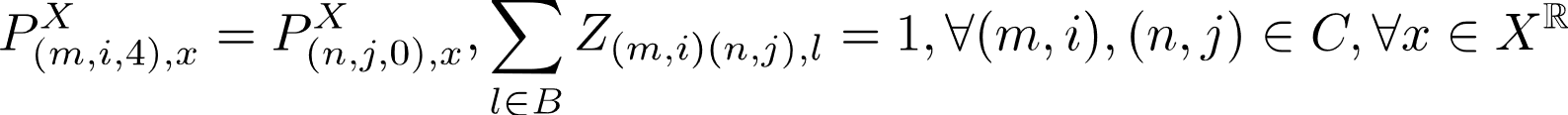
( 6 )



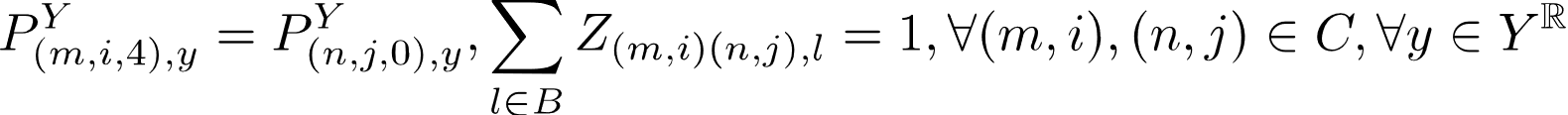
( 7 )

### دسته ی دوم: محدودیت های موقعیتی اعمال AGVها

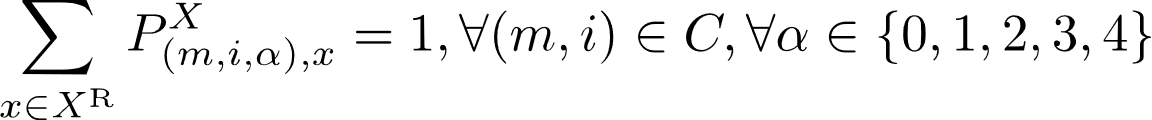
محدودیت‌های مکانی اعمال AGV، مکان AGV را در هنگام حمل‌ونقل مشخص می‌کنند. در این مدل، مکان‌های ذخیره‌سازی کانتینرها مشخص است؛ بنابراین، مسیر عمودی محل عملیات جرثقیل(QC) برای هر کانتینر از پیش تعیین شده و همچنین محدوده‌ی مسیر عمودی مکان عملیات خشکی هر کانتینر نیز شناخته شده است. مکان شروع کانتینر تخلیه برای حمل‌ونقل AGV در سمت ساحل و مکان پایان آن در سمت محوطه انبار است. کانتینر بارگیری به صورت معکوس عمل می‌کند، یعنی مکان شروع آن در محوطه انبار و مکان پایان آن در سمت ساحل است که نشان می‌دهد محدودیت‌های مکانی برای کانتینرهای بارگیری و تخلیه متفاوت هستند. محدودیت‌های مکانی اعمال AGV به صورت زیر توضیح داده می‌شوند:



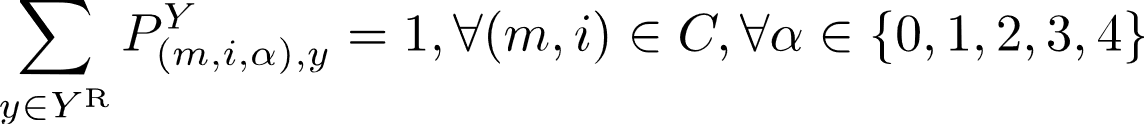
( 8 )



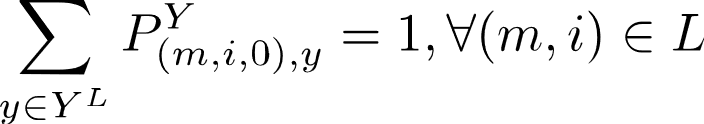
( 9 )



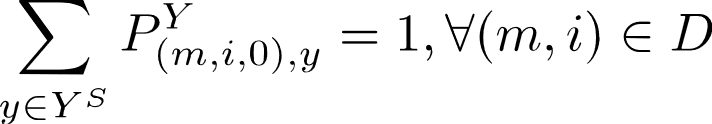
( 10 )



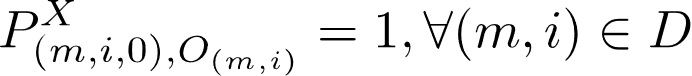
( 11 )



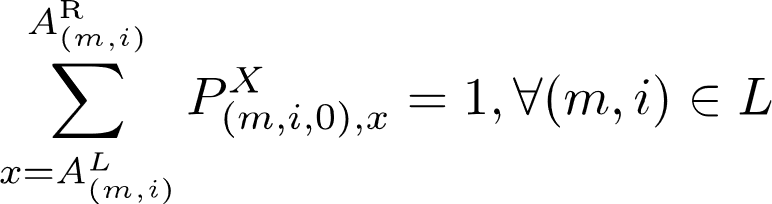
( 12 )



( 13 )

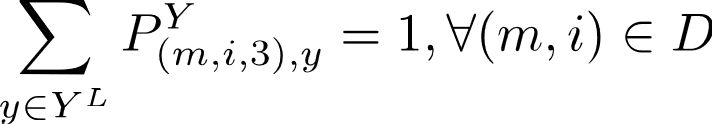


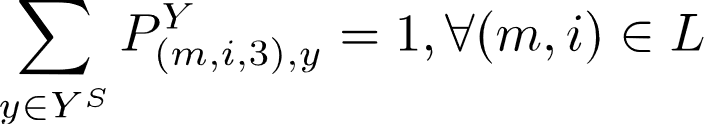
( 14 )



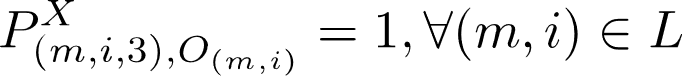
( 15 )

( 16 )

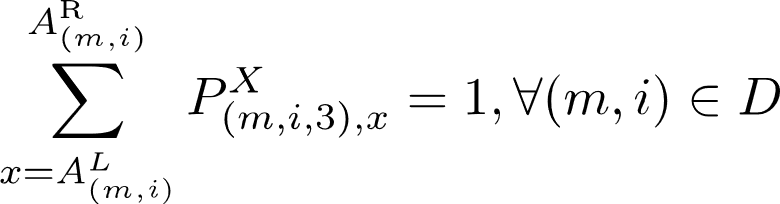




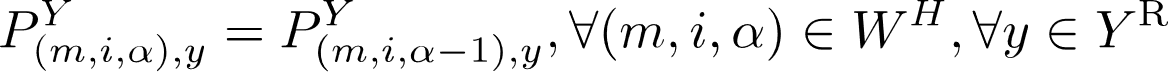
( 17 )



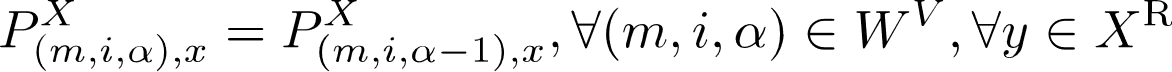
( 18 )



( 19 )



( 20 )



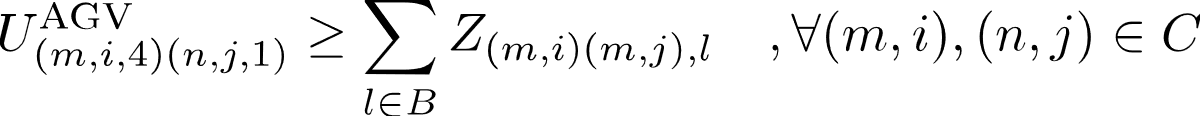
( 21 )

* محدودیت‌های ( 8 ) و ( 9 )بیان می‌کنند که اگر کانتینر (m,i) وظیفه‌ی پیشین (n,j) باشد که توسط همان AGV حمل می‌شود، مکان پایان (m,i) باید با مکان شروع (n,j) یکسان باشد. محدودیت ( 8 ) مربوط به مسیر عمودی و محدودیت ( 9 )مربوط به مسیر افقی است.
* محدودیت‌های ( 10 ) و ( 11 )تضمین می‌کنند که برای هر **عمل** AGV تنها یک مکان مشخص باشد، از جمله مکان شروع عمل (m,i,1) و مکان‌های پایان اعمال (m,i,1) تا (m,i,4)
* محدودیت ( 12 ) نشان می‌دهد که مسیر افقی شروع کانتینر بارگیری در ناحیه عملیات خشکی AGV است.
* محدودیت ( 13 ) نشان می‌دهد که مسیر افقی شروع کانتینر تخلیه در ناحیه عملیات ساحلی AGV است.
* محدودیت ( 14 ) نشان می‌دهد که مسیر عمودی شروع کانتینر تخلیه، مسیر عمودی مکان عملیات QC است.
* محدودیت ( 15 ) نشان می‌دهد که مسیر عمودی شروع کانتینر بارگیری، مسیر عمودی مربوط به بلوکی است که کانتینر (m,i) در آن ذخیره شده است.
* محدودیت ( 16 ) نشان می‌دهد که مسیر افقی پایان کانتینر تخلیه در ناحیه عملیات خشکی AGV است.
* محدودیت ( 17 )نشان می‌دهد که مسیر افقی پایان کانتینر بارگیری در ناحیه عملیات ساحلی AGV است.
* محدودیت ( 18 ) نشان می‌دهد که مسیر عمودی پایان کانتینر بارگیری، مسیر عمودی مکان عملیات QC است.
* محدودیت ( 19 ) نشان می‌دهد که مسیر عمودی پایان کانتینر تخلیه، مسیر عمودی مربوط به بلوکی است که کانتینر (m,i) در آن ذخیره شده است.
* محدودیت‌های ( 20 ) و ( 21 ) پیوستگی مکانی حمل‌ونقل AGV را تضمین می‌کنند. محدودیت ( 20 ) تضمین می‌کند که مکان شروع و مکان پایان یک عمل افقی روی همان مسیر افقی باشد. محدودیت ( 21 ) تضمین می‌کند که مکان شروع و مکان پایان یک عمل عمودی روی همان مسیر عمودی باشد.

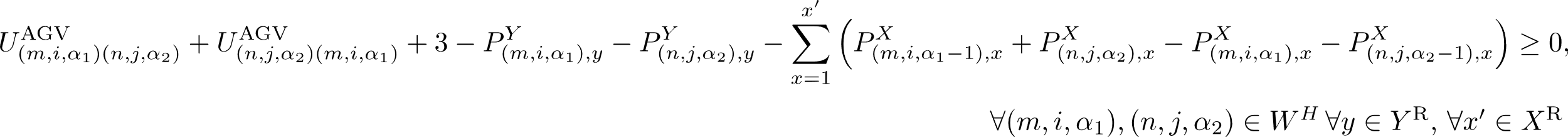
این محدودیت‌ها اطمینان می‌دهند که اعمال AGV در مکان‌های صحیح و مطابق با ترتیب مورد نیاز انجام می‌شود.

### دسته ی سوم: محدودیت های مربوط به تداخل AGVها:

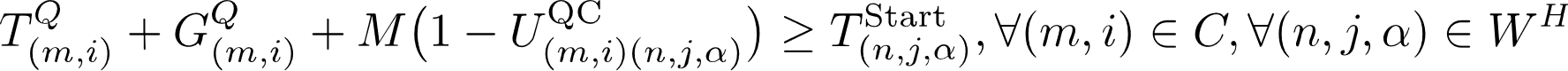
این محدودیت ها با توجه به اعمال AGVها، به چهار دسته ی کلی تقسیم می شوند:



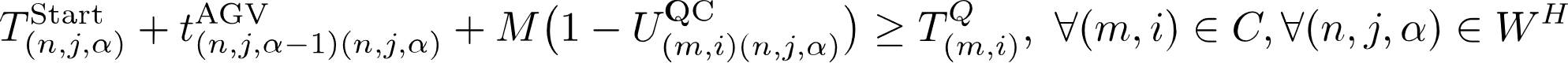
( 22 )



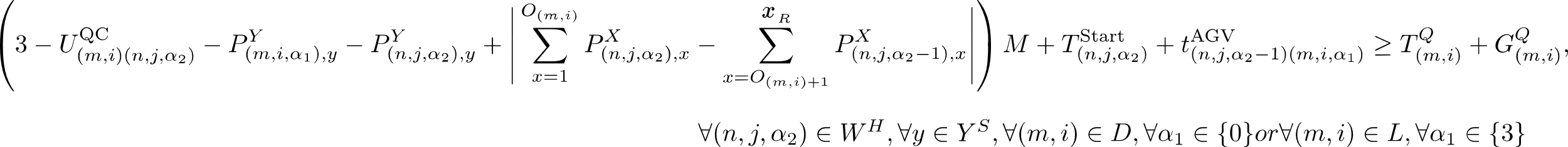
( 23 )



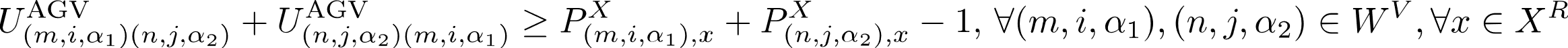
( 24 )



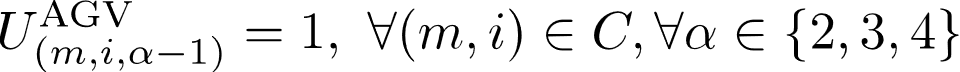
( 25 )



( 26 )



( 27 )



( 28 )

**۱. محدودیت ترتیب زمانی عملیات**: محدودیت ( 22 ) ترتیب زمانی بین اقدامات کانتینرها را تنظیم می‌کند. اگر کانتینر (m,i) به عنوان کار قبلی کانتینر (n,j) تعریف شده باشد، اقدام پایانی (m,i) باید قبل از شروع اقدام (n,j) انجام شود. این محدودیت به منظور اطمینان از ترتیب صحیح و کارآمد عملیات طراحی شده است و از هم‌پوشانی زمانی ناخواسته میان عملیات جلوگیری می‌کند.

**۲. محدودیت‌های جلوگیری از تداخل جهت مخالف در مسیر افقی**: این محدودیت‌ها (محدودیت ( 23 )) از تداخلات در مسیر افقی مشترک جلوگیری می‌کنند که به دلیل حرکت AGVها در جهت‌های مخالف ممکن است رخ دهد. اگر دو AGV در همان مسیر افقی حرکت کنند اما در جهت‌های مخالف باشند، محدودیت ( 23 ) اعمال می‌شود. این وضعیت در شکل 6(a) نشان داده شده و توضیحات تکمیلی در پیوست A ارائه شده است.

۳. **محدودیت‌های جلوگیری از تداخل بین عملیات اسکله و جابجایی افقی AGV:**محدودیت‌های ( 24 ) تا ( 26 ) به تداخل میان عملیات QC (جرثقیل اسکله) و جابجایی افقی AGV در همان مسیر افقی می‌پردازند. این محدودیت‌ها در ناحیه عملیاتی ساحلی اعمال می‌شوند، جایی که یک AGV باید منتظر اتمام عملیات QC مربوط به AGV دیگری باشد. متغیر UQC(m,i)(n,j,α)U\_{QC(m,i)(n,j,α)}UQC(m,i)(n,j,α)​ که در این محدودیت‌ها استفاده می‌شود، رابطه زمانی بین عملیات QC و AGV را نشان می‌دهد.

۴**. محدودیت‌های جلوگیری از تداخل در مسیر عمودی**: این محدودیت‌ها (محدودیت ( 27 )) از تداخل در مسیرهای عمودی جلوگیری می‌کنند و مانع از حضور همزمان دو AGV مختلف در یک مسیر عمودی مشترک می‌شوند. این وضعیت به‌طور مثال در شکل 6(c) نمایش داده شده است، که دو AGV در همان مسیر عمودی با یکدیگر تداخل دارند و یکی از AGVها باید منتظر بماند تا دیگری مسیر را تخلیه کند.

در پایان، محدودیت ( 28 ) ترتیب عملیات مربوط به هر کانتینر را تضمین می‌کند، به طوری که AGVها بدون تداخل به‌صورت هماهنگ و کارآمد حرکت کنند. این محدودیت‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که بهره‌وری و هماهنگی عملیات بنادر را بهبود بخشند.

### دسته ی چهارم: محدودیت های مربوط به زمان

### دسته ی پنجم محدودیت های دامنه ی متغیر های تصمیم

تعداد کل محدودیت ها: ۴۶

## چارچوب روش پیشنهادی

## شرح جزئیات داخل چارچوب

## خلاصه و جمع بندی

# ارزیابی روش پیشنهادی

## مقدمه

## داده های مورد آزمایش

## جزئیات پیاده سازی روش پیشنهادی

## تحلیل نتایج آزمایشات

## خلاصه و جمع بندی

# نتایج بدست آمده و کارهای آتی

## خلاصه ای از کارهای انجام شده

## نتایج بدست آمده

## کارهای آتی

# کتابنامه

1. Laporte, G. (2009). Fifty Years of Vehicle Routing. *Transportation Science*, *43*(4), 408–416. https://doi.org/10.1287/trsc.1090.0301
2. Vis, I. F. A., & De Koster, R. (2003). Transshipment of containers at a container terminal: An overview. *European Journal of Operational Research*, *147*(1), 1–16. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00293-X
3. Weerasinghe, B. A., Perera, H. N., & Bai, X. (2024a). Optimizing container terminal operations: A systematic review of operations research applications. *Maritime Economics & Logistics*, *26*(2), 307–341. https://doi.org/10.1057/s41278-023-00254-0
4. Weerasinghe, B. A., Perera, H. N., & Bai, X. (2024b). Optimizing container terminal operations: A systematic review of operations research applications. *Maritime Economics & Logistics*, *26*(2), 307–341. https://doi.org/10.1057/s41278-023-00254-0
5. Yu, F., Zhang, C., Yao, H., & Yang, Y. (2024). Coordinated scheduling problems for sustainable production of container terminals: A literature review. *Annals of Operations Research*, *332*(1–3), 1013–1034. https://doi.org/10.1007/s10479-023-05676-w

# پیوست

(در صورت وجود)

# واژه‌نامه

(در صورت وجود)

Abstract

. . . . . . . . .

**Keywords:** (3 to 10 keywords that sorted by Alphabet)

D:\Work\Me\Shafiee-thesis - revised\figures\ATU_logo.eps

**Allameh Tabataba'i University**

**Faculty of . . . . . . . . . . . .**

**Department of . . . . . . . . .**

**Thesis/Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Arts (MA) / Master of Science (MSc)/ Doctor of Philosophy (PhD) in . . . . . . . . . .**

┘

**. . . . . . Title . . …..**

**Supervisor(s)**

. . . . . . . . . . . . . .

**Advisor(s)**

. . . . . . . . . . . . . .

**By**

. . . . . . . . . . . . . .

Tehran

Month, Year

1. Automated Guided Vehicles [↑](#footnote-ref-1)
2. Automated Stacking Crane [↑](#footnote-ref-2)
3. Quay Crane [↑](#footnote-ref-3)
4. Mixed Integer Programming [↑](#footnote-ref-4)
5. Branch and Bound [↑](#footnote-ref-5)
6. Heuristic Methods [↑](#footnote-ref-6)
7. Automated Guided Vehicles [↑](#footnote-ref-7)
8. Quay Cranes [↑](#footnote-ref-8)
9. Automated Stacking Cranes [↑](#footnote-ref-9)
10. ‌Branch and Bound [↑](#footnote-ref-10)
11. constraints [↑](#footnote-ref-11)
12. QC Operation [↑](#footnote-ref-12)
13. Switch [↑](#footnote-ref-13)
14. Loading [↑](#footnote-ref-14)
15. Unloading [↑](#footnote-ref-15)
16. AGV Vertical Actions [↑](#footnote-ref-16)
17. AGV Horizontal Actions [↑](#footnote-ref-17)
18. Paths [↑](#footnote-ref-18)
19. Operation Area [↑](#footnote-ref-19)
20. Paths [↑](#footnote-ref-20)
21. AGV seaside operation area [↑](#footnote-ref-21)
22. Decision Variables [↑](#footnote-ref-22)
23. Intermediate Variables [↑](#footnote-ref-23)
24. Makespan [↑](#footnote-ref-24)