هشتمین همایش صنایع دریایی
۹ لغایت ۱۱ آبانماه ۱۳۸۵
استان بوشهر

ارائه سیستمی فازی جهت بارچینی بهینه ی کشتی های کانتینری در بندر شهید رجایی

کیوان آذریون[۱]، محمد رضا جاهد مطلق[۲]، کورش جلالی فراهانی[۳]
تهران، خیابان وزرا، نبش پارک ساعی، شماره ۸۰، شرکت خدمات دریائی تایدواتر خاورمیانه
K_Azaryoun@Comp.iust.ac.ir ، K_Azaryoun@Tidewaterco.com

چکیده

امروزه نقش بارز ترمینال های کانتینری بعنوان گره اصلی در چرخه ی صنعت حمل و نقل و ترانزیت کالا و تاثیرات مستقیم آن بر شکوفایی اقتصاد بر کسی پوشیده نیست. بارچینی (Stowage) و پلن کردن کشتی های کانتینری از جمله مسائل مهمی است که ترمینال های کانتینری به طور روزمره با آن درگیر هستند. در گذشته ها ی نه چندان دور نقشه ی بارچینی کانتینر ها بر روی کشتی را کاپیتان کشتی تعیین می نمود. اما امروزه همراه با رشد روند کانتینری شدن (Containerization) ، ترمینال های کانتینری با بهره گیری از دستور العمل های بارچینی عهده دار این مهم شده اند. در این مقاله کوشش شده است تا سیستمی «هوشمند» برمبنای منطق فازی جهت بارچینی خودکار[۴] کشتی های کانتینری ارائه گردد. در واقع ما در طراحی سیستم خود از این واقعیت که کاپیتان های خبره، بهترین پلن کنندگان کشتی های کانتینری هستند؛ استفاده کرده ایم. سیستم پیشنهادی ما سعی در فرموله کردن دانش افراد خبره در قالب قوانین فازی دارد. در پایان سیستم ارائه شده با داده های واقعی کشتی های کانتینری در بندر شهید رجایی مورد شبیه سازی قرار گرفته است.

---

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علم و صنعت ایران و کارشناس فناوری اطلاعات شرکت خدمات دریائی تایدواتر خاور میانه
[2] استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران
[3] عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی و مدیر فناوری اطلاعات شرکت خدمات دریائی تایدواتر خاور میانه
[4] Automated Bay Planning System

کلمات کلیدی :

کشتی های کانتینری، بارچینی کشتی ، MBP[1] ، منطق فازی ، کنترلرهای فازی ، Supervisor.

مقدمه

ترمینال کانتینری، سیستمی است جامع که جهت سرویس دهی به کانتینرهایی که توسط کشتی (تریلر/قطار) وارد شده و بوسیله تریلر/ قطار (کشتی) خارج می شوند، احداث شده است. ترمینال های کانتینری عامل اصلی ایجاد پیوند میان حمل و نقل دریا یی و خشکی می باشند. بر این اساس ، تلاش های گسترده ای در جهت بهینه سازی امور وابسته به ترمینال های کانتینری بالاخص جریان گردش کانتینر ها در سراسر دنیا صورت پذیرفته است. در کشورما نیز در بندرشهید رجایی بعنوان بزرگترین بندر کانتینری ایران و شصت و نهمین بندر کانتینری بزرگ دنیا ، در سال های اخیر اقدامات متعددی در راستای بهینه سازی ، بالا بردن میزان کارایی و بازدهی ، کاهش هزینه ها و ارتقای سطح خدمت رسانی انجام شده است[۲]. این اقدامات شامل به کارگیری آخرین تجهیزات و دستاوردهای مدرن بندری، حمل و نقل ، ایمنی و فن آوری اطلاعات می باشد. در ابتدا بهتر است نگاهی کوتاه بر زنجیره و سلسله مراتب کار های روزمره در ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی داشته باشیم.

سلسله مراتب کارها و اقدامات

مراحل عملیاتی و اسنادی انجام شونده در ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی از زمان اعلان ورود یک کشتی تا زمان عزیمت آن به شرح زیر می باشد:

---

[1] Master Bay Plan

[2] در سال ۲۰۰۵ میزان تخلیه و بارگیری (Throughput) کانتینر در بندر شهید رجایی حدود 1,300,000 TEU، بوده است.

- سیکل اسنادی:

۱) کارگزار شرکت کشتیرانی حداقل ۲۴ ساعت پیش از ورود کشتی به لنگرگاه از طریق پورتال اینترنتی اعلان ورود می نماید. (Vessel Arrival Notice)

۲) کارگزار شرکت کشتیرانی حداقل ۱۲ ساعت پیش از ورود کشتی به لنگرگاه از طریق پورتال اینترنتی تعداد کانتینرهای بارگیری شونده هر خط کانتینری را به تفکیک سایز آن ها معین مینماید.

۳) کارگزاران شرکت های کانتینری حداقل ۱۲ ساعت پیش از ورود کشتی به لنگرگاه از طریق پورتال اینترنتی لیست بارگیری (مانیفست بارگیری) خود را ارائه می دهند.

۴) کارگزار شرکت کشتیرانی حداقل ۶ ساعت پیش از ورود کشتی به لنگرگاه از طریق پورتال اینترنتی تعداد کانتینرهای تخلیه شونده هر خط کانتینری را به تفکیک سایز آن ها معین مینماید.

۵) کارگزار شرکت کشتیرانی حداقل ۶ ساعت پیش از ورود کشتی به لنگرگاه از طریق پورتال اینترنتی پلن ورود کشتی (BAPLIE FILE)را ارائه می نماید.

۶) کارگزاران شرکت های کانتینری حداقل ۶ ساعت پیش از ورود کشتی به لنگرگاه از طریق پورتال اینترنتی لیست تخلیه (مانیفست تخلیه) خود را ارائه می دهند.[1]

- سیکل عملیاتی:

۱) بر اساس لیست بارگیری ،اعلان زمان ورود و برخی عوامل دیگر اسکله (Berth) پهلوگیری طوری انتخاب می گردد که نزدیک فاصله را با کانتینرهای بارگیری شونده داشته باشد.

۲) بر اساس لیست بارگیری ، پلن ورودی کشتی، شرائط محوطه و نیز نظرات خط کشتیرانی پلن خروجی (Stowage Plan) کشتی صادر می گردد. سپس سعی می گردد تا با انتقال کانتینرهای بارگیری شونده از محوطه های مربوطه به Marshaling Yard، آن ها را به صورت معکوس پلن خروجی کشتی در Marshaling Yard بچینند.

۳) بر اساس لیست بارگیری ،اعلان زمان ورود و لیست تخلیه تخصیص جرثقیل های ساحلی (Qauy Cranes) برای کشتی مورد نظر صورت می پذیرد.

[1] البته سیکل اسنادی شامل ارائه اسناد دیگری مانند مانیفست دستی نیز می گردد که در اینجا لزومی به ذکر آن ها نمی‌باشد.

۴) بر اساس لیست تخلیه ونیز تخلیه ی واقعی انجام شده، محوطه (Yard) ذخیره ی کانتینرهای وارداتی مشخص می گردد.

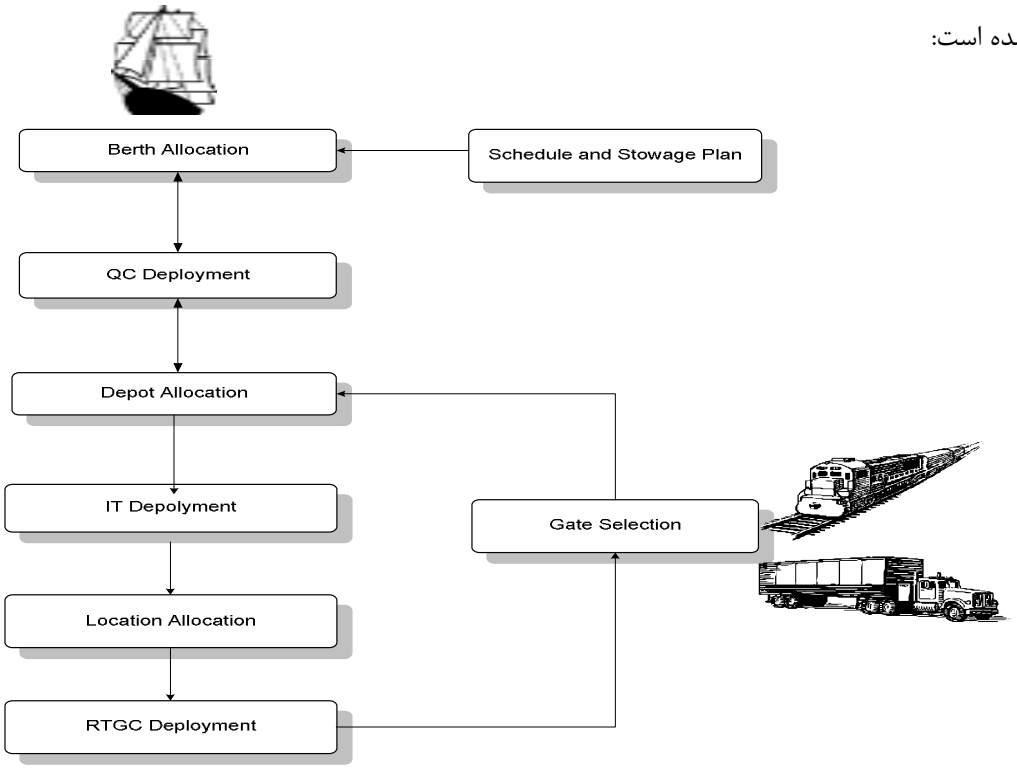
۵) بر اساس محوطه انتخاب شده و نیز تعداد کانتینرهای وارداتی ، کشنده ها ی(Inbound Trucks) مورد نیاز جهت جابجایی و انتقال کانتینرهای وارداتی از پای کشتی به محوطه مورد نظر تخصیص داده می شوند.

۶) در داخل محوطه به هر کانتینر یک Yard (یک موقعیت جغرافیایی یکتا) اختصاص داده میشود.

۷) پس از تخصیص Yard، برای جابجایی هر کانتینر درون محوطه، جرثقیل های خشکی (RTGC) مورد نیاز تخصیص داده می گردند.

۸) در نهایت با توجه به وضعیت اسنادی هر بارنامه درب خروجی (Gate) تعیین می گردد.[1]

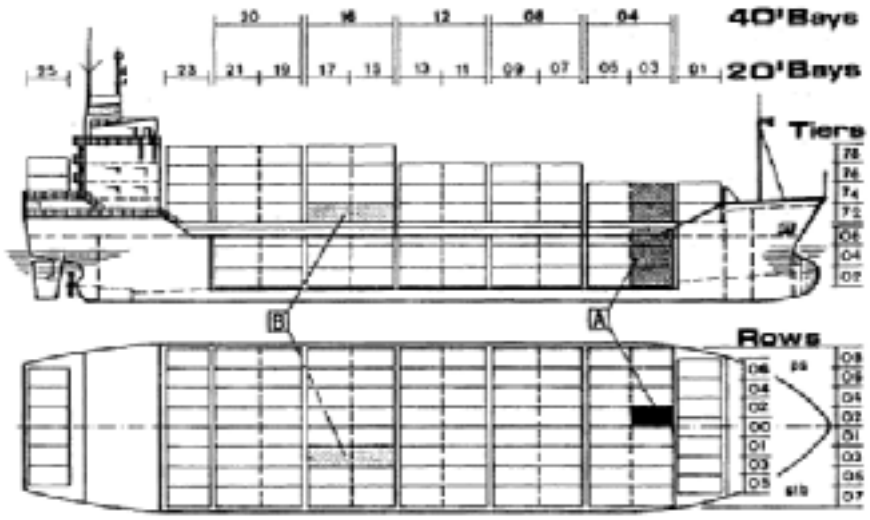
در ادامه ساختار سلسله مراتبی سیکل عملیاتی موجود در ترمینال کانتنیری به همراه وابستگی میان آنها ترسیم شده است:



Hierarchical structure of operational decisions in a Container Terminal System

[1] البته سیکل عملیاتی شامل موارد دیگری نیز می گردد که از ذکر آن ها صرف نظر شده است. برای اطلاعات بیشتر به مرجع [1] رجوع فرمایید.

مسئله ی بارچینی یا Master Bay Plan Problem



همانگونه که در مورد دوم از سیکل عملیاتی توضیح داده شد، ، یکی از مسائل اصلی دراین زمینه، مسئله ی Stowage Plan (نقشه ی بارچینی کشتی) می باشد. از این مسئله گاهی تحت عنوان Master Bay Plan (MBP) یاد می شود. منظور از MBP نحوه ی چیدمان (Stowage) بهینه ی کانتینر ها برروی کشتیهای کانتینری می باشد .

همانطوری که قبلا هم ذکر شد عوامل مختلفی روی MBP تاثیرگذار هستند و نیز خود MBP بر روی عوامل بسیاری در ترمینال کانتینری تاثیر گذار است. تاثیرپذیری و تاثیرگذاری MBP را می‌توان در قالب دو سیاست ذخیره سازی بررسی کرد: راهبرد Pre-Marshaling و Sort and Store [3] . در راهبرد نخست، کانتینرهای صادراتی تقریباً بدون در نظر گرفتن هیچ گونه قیدی در محوطه ها ذخیره شده و پس از پلن شدن کشتی (حل MBP) به محوطه ی ویژه ای در نزدیکی اسکله که اصطلاحاً Marshaling Yard گفته می شود منتقل شده و در آنجا معکوس پلن خروجی کشتی چیده می شوند. عیب این روش، این است که چیدن صحیح کانتینرها در Marshaling Yard مستلزم جابجایی های نسبتاً زیاد کانتینرها در Marshaling Yard می باشد. ولی مزیت اصلی این راهبرد، عدم نیاز به اطلاعات کامل هر کانتینر در هنگام ورود به محوطه

ها و نیز استقلال MBP از مسئله ی انبار داری می باشد، که در اینجا بیشتر مزیت دوم مورد نظر ماست. در راهبرد دوم (Sort and Store) کانتینرهای صادراتی به محض ورود به تفکیکِ خط کشتیرانی، کشتی، مقصد، نوع و اندازه متمایز شده و در Yard های جداگانه ای ذخیره می شوند. در زمان بارگیری نیز براساس پلن خروجی کشتی (MBP) کانتینرها از محوطه ها به پای کشتی منتقل می شوند. مزیت اصلی این روش عدم جابجایی های زاید کانتینرها در محوطه در هنگام بارگیری می باشد. ولی عیب اصلی آن ، لزوم دسترسی اولیه به کلیه ی اطلاعات کانتینرهای صادراتی در هنگام ورود آنها به ترمینال کانتینری می باشد.

در بندر شهید رجایی از راهبرد نخست (Pre-Marshaling) استفاده می گردد. در واقع از روی نقشه ی بارچینی کشتی می توان نحوه ی چینش کانتینرها را در Marshaling Yard تعیین کرد (کانتینرها معکوس ترتیبی که باید برروی کشتی بارگیری شوند، در Marshaling Yard چیده شوند.) .

به طور خلاصه در راهبرد Pre-Marshaling می توان ورودی های سیستم MBP را به صورت زیر در نظر گرفت:

- نقشه ی کشتی (Vessel Plan)
- پلن ورودی (Input BAPLIE)
- لیست بارگیری (Loading List)
- وضعیت محوطه (Yard Status)
- ضوابط و معیار های خط کشتیرانی (Shipping Line's Constraints)

هر یک از ورودی های فوق خود شامل زیر عناصر مختلفی می گردد، مثلا نقشه ی کشتی شامل تعداد Bay ها ، Rowها ، Tierها و نیز قیود ذخیره سازی هر Bay می گردد.

اهداف MBP (Master Bay Plan)

همانطوری که قبلا ذکر شد، MBP علاوه برتاثیرات فروانی که بر دیگر عملیات در ترمینال کانتینری می گذارد، می کوشد تا کالا ها را در هنگام حرکت کشتی محافظت کرده، از فضای کشتی به صورت بهینه استفاده

کرده، از آسیب دیدن کشتی ،خدمه و تجهیزات آن جلوگیری کرده، کمترین هزینه ی سربار را درهنگام بارگیری و تخلیه موجب شده و در نهایت کل زمان توقف کشتی در ترمینال را کمینه (Minimize) نماید.

عمده ی اهداف MBP به شرح زیر است:

- بهره گیری حداکثر از فضای کشتی
- جلوگیری از آسیب دیدن کالاها
- حفظ سلامت و تعادل کشتی
- حفظ سلامت خدمه ی کشتی و بندر
- کمینه (Minimum) کردن تعداد جابجایی های اضافه کانتینرها برروی کشتی (Restow) و برروی اسکله (Shifting) در هنگام تخلیه ی کانتینرها به جهت ایجاد تسریع در عملیات و اجتناب از هزینه های سربار.
- رعایت کامل قیود و استاندارد های بین المللی در زمینه ی حمل و نقل کالاها مانند کالاهای خطرناک (IMO CODE 1 and 7) ، یخچالی (RF) و کالاهای خارج از معیار (Out of Gage).
- کمینه کردن مدت زمان پهلوگیری کشتی در ترمینال کانتینری (مدت زمان تخلیه و بارگیری) که بیشترین هزینه را برخطوط کشتیرانی تحمیل می کند.
- و داشتن هر گونه انعطاف لازم در صورت بروز تغییرات غیر مترقبه در لیست کانتینرهای بارگیری شونده.

به طور خلاصه MBP ، تعیین می کند که مجموعه C حاوی m کانتینر از انواع مختلف درون مجموعه ی S حاوی n مکان موجود در کشتی V به نحوی چیده شود که کلیه ی محدودیت ها و قیود (Constraints) ساختاری و عملیاتی متاثر از کشتی V و کانتینرها ی مجموعه ی C لحاظ شده؛ و البته کل زمان بارچینی را به حداقل رساند.

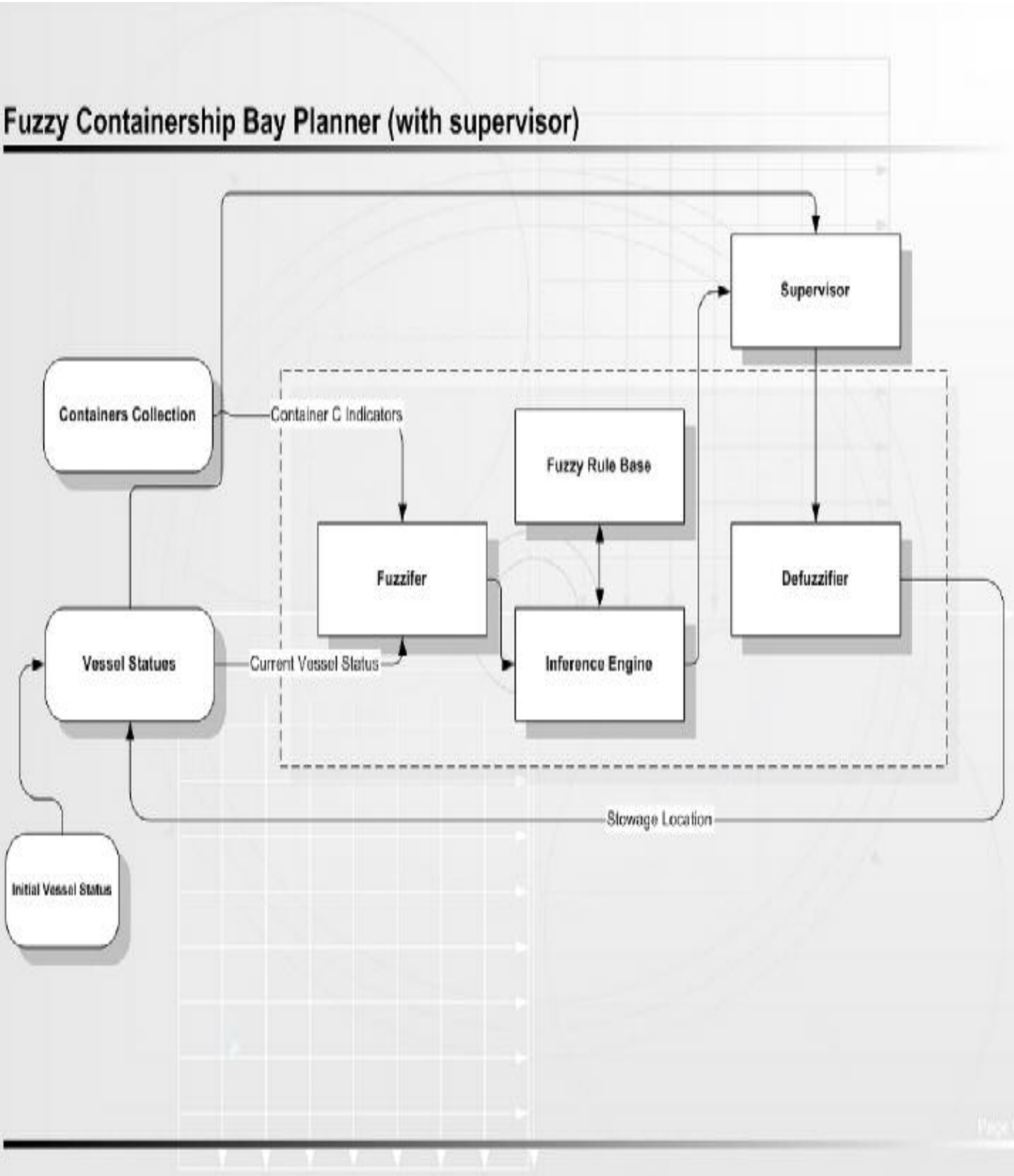
روش پیشنهادی

همانگونه که مشخص است MBP ، به جهت وجود پیچیدگی ترکیبی در ساختار خود ، مسئله ی بسیار پیچیده ای می باشد و می توان به نوعی این مسئله را حل یک مسئله Packingدر نظر گرفت. معمولا در حل چنین مسائلی استفاده از راهکارهای هوشمند علاوه بر روش های heuristic پیشنهاد می شود. معهذا روش های مورد استفاده باید بتوانند علاوه بر تهیه پلن بارچینی کشتی بر اساس معیارهای چندوجهی، از تجربیات متصدیان امور فن نیز بهره گیری لازم را ببرند.

منطق *فازی* همواره بعنوان یکی از راه های اصلی ترجمه دانش فرد خبره به منطق قابل تصمیم گیری ، شناخته شده است. از این رو با توجه به اهمیت موضوع در بندر شهید رجایی و نیز وجود دانش تجربی در این زمینه (کاپیتان های کشتی) ، تحقیق در مورد طراحی و پیاده سازی یک سیستم مبتنی بر منطق فازی FLC (کنترل گر فازی) همراه با سرپرست (Supervisor) برای حل مسئله ی بارچینی کشتی های کانتینری با اهمیت می باشد.

سیستم مورد نظر ، بعنوان ورودی نقشه ی کشتی، وضعیت جاری کشتی (شامل قیود، مختصات و ازدحام) و لیست کانتینر های بارگیری شونده (شامل اندازه، نوع، وزن ، مقصد و...) و قیود خط کشتیرانی را دریافت کرده و براساس منطق تصمیم گیری (پایگاه دانش) فازی خود و نیز تایید نهایی واحد سرپرست موقعیت دقیق قرارگیری کانتینر برروی کشتی را در *بهینه ترین حالت ممکن* تعیین می نماید.

در صفحه ی بعد دیاگرام سیستم نیز ترسیم شده است:


Fuzzy Containership Bay Planner (with supervisor)
Supervisor
Containers Collection
Container C Indicators
Fuzzy Rule Base
Fuzzifer
Defuzzifier
Vessel Statues
Current Vessel Status
Inference Engine
Stowage Location
Initial Vessel Status

بررسی سیستم

همانطوری که در دیاگرام صفحه ی قبل مشخص است ، سیستم پیشنهادی شامل یک کنترلر فازی به همراه یک سیستم سرپرست (Supervisor) می باشد. همانگونه که پیشتر ذکر شد، برای طراحی یک کنترلر فازی بایستی متغیر های فازی و نیز پایگاه قوانین (Rule Base) آن را بر اساس نظرات و پیشنهاد های کارشناسان فن طراحی نمود. در اینجا ما نیز از تجربیات تنی چند از کاپیتان های خبره کشور در بندر شهید رجایی بهره گرفته ایم. مزیت اصلی کنترلر پیشنهاد شده این است که بدون هیچ گونه پیش شرطی نسبت ترتیب قرارگیری کانتنیرها در محوطه عمل می کند و یا بعبارت دیگر خروجی این سیستم *از ترتیب ورود کانتینرها* کاملا مستقل است.

در ادامه به بررسی اجزای مختلف سیستم کنترلر فازی می پردازیم:

ورودی های کنترلر و سیستم سرپرست

ورودی های کنترلر فازی بایستی پیش از اعمال شدن به سیستم، به صورت فازی تبدیل گردند (یا بعبارتی Fuzzify شوند.). این ورودی ها به دو گروه عمده تقسیم می گردد: ورودی های کشتی و ورودی های کانتینری. ورودی های کشتی نشانگر وضعیت تعادلی کشتی در هر یک از مراحل سیکل بارگیری آن می باشند و ورودی های کانتینر نشانگر شاخص های هر کانتینر بارگیری شونده می باشند. همانطوری که در شکل مشخص است ، ورودی های کشتی به طور پیوسته در حال بهنگام شدن می باشند و ورودی های کانتینر به ازای هر کانتینر تغییر می کند.

FLC’s Inputs= {Vessel’s Inputs, Container’s Inputs}

ورودی های کشتی شامل سه متغیر زبانی (Linguistic Variable) تعادل برشی (Cross Equilibrium) ، تعادل افقی (Horizontal Equilibrium) و تعادل عمودی (Vertical Equilibrium) می شود :

Vessel's inputs ={CE, HE, VE}

با توجه به اینکه تعادل عمودی کشتی را می توان در ورودی وزن هر کانتینر ادغام کرد، ما در اینجا از بکارگیری آن بعنوان یکی از ورودی های کشتی صرف نظر کرده ایم. در ادامه با توجه به ماهیت هر یک از این متغیر ها ، ترم های زبانی [1] معادل آنها به شرح زیر تعریف می گردد:

CE= {Extreme Yard Side, Quite Yard Side, Almost Yard Side, Center, Almost Sea Side, Quite Sea Side, Extreme Sea Side}

HE= {Extreme Bow Side, Quite Bow Side, Almost Bow Side, Center, Almost Stern Side, Quite Stern Side, Extreme Stern Side} [2]

ورودی های کانتینری شامل دو متغیر فازی و سه متغیر Crisp می گردد :

Fuzzy Container's Inputs= {Destination, Weight}

Crisp Container's Inputs= {Status, Gage, Hazardous}

متغیر های زبانی متناظر ورودی های فازی کانتینر، مقصد (Destination) و وزن (Weight) کانتینر ها می باشد. با توجه به ماهیت هر یک از این متغیر ها ، ترم های زبانی معادل آنها به شرح زیر تعریف می گردد:

Destination= {Furthest, Further, Far, Near, Nearer, Nearest}
Weight= {Extreme Massive, Quite Massive ,Mild ,Quite Gentle, Extreme Gentle}

علاوه بر متغیرهای فازی فوق ورودی های کانتینری شامل سه متغیر بولنی (Boolean) وضعیت (Status) ، مخاطره آمیزی (Hazardous) ، استاندارد بودن (Gage) نیز می گردد.

---

[1] شکل ترم های زبانی تمام متغیرهای زبانی برای ترم های حاشیه ای (Margin Terms) به صورت ذوزنقه ای و برای سایر ترم ها به صورت مثلثی در نظر گرفته شده است هر چند که می توان ترم های گوسی نیز استفاده کرد.

[2] در سرتاسر این مقاله از ارائه ی فرمول های تابع عضویت (MBF) ترم های زبانی و نیز تابع فراگیر (Universal) هر متغیر زبانی به جهت رعایت سادگی خودداری شده است.

Status={Full, Empty}

Hazardous={Yes, No}

Gage={Yes, No}

ورودی های واحد Supervisor نیز شامل دو متغیر مخاطره آمیزی (Hazardous) ، استاندارد بودن (Gage) بعلاوه متغیرهای یخچالی (Refrigerator) و اندازه (Size) می گردد :

Refrigerator= {Yes, No}

Size= {20’, 40’}

علت تفکیک دو ورودی فوق از ورودی های کنترلر فازی، کمی بودن (در مورد اندازه) و وابستگی به نقشه ی کشتی (در مورد شرط یخچالی می باشد.) می باشد.

خروجی های کنترلر

خروجی های کنترلر فازی برای اینکه قابل استفاده باشند ، بایستی به صورت عددی (Crisp) درآیند. به فرایند تبدیل مقادیر (اعداد) فازی به مقادیر Crisp، Defuzzification گفته می شود. همانطوری که در دیاگرام سیستم پیشنهادی قابل مشاهده است، در انجام فرایند Defuzzification از سیستم سرپرست (Supervisor) کمک گرفته شده است. خروجی سیستم برابر است با موقعیت دقیق هر کانتینر درون کشتی کانتینری . بعبارت دیگر ، سیستم به ازای هر کانتینر C ، Bay، Row و Tier آن را درون کشتی V معین می نماید. بنابراین سه متغیر خروجی به شرح زیر برای کنترل فاری تعریف می گردد:

FLC’s Outputs= {Length, Width, Height}

واضح است که ورودی های کشتی برروی دو خروجی نخست یعنی Length و Width تاثیر داشته و ورودی های کانتنیری برروی خروجی آخر یعنی Height تاثیر می گذارد. خروجی واحد سرپرست نیز در مرحله Defuzzification مورد استفاده قرار می گیرد.

برای هر یک متغیرهای فوق، ترم های زبانی به صورت زیر تعریف می گردد:

Length= {Extreme Rear, Quite Rear, Almost Rear ,Center, Almost Front, Quite Front, Extreme Front}

Width = {Extreme Right, Quite Right, Almost Right ,Center, Almost Left, Quite Left, Extreme Left}

Height= {So Under Deck, Quite Under Deck, Almost Under Deck, Almost Over Deck,
Quite Over Deck, So Over Deck}

پایگاه قوانین

همانطوری که قبلا گفته شد، پایگاه قوانین (Rule Base) براساس تجربیات کارشناسان تهیه شده است. با توجه به موارد ذکر شده در بخش قبلی صورت قوانین به صورت MIMO (Multiple Input Multiple Output) می باشد. در زیر قالب (Notation) درج یک قانون ذکر شده است:

$$\underbrace{C.\underbrace{E.}\wedge\underbrace{H.E.}}_{\text{Vessel' s Status}}\wedge\underbrace{Dest.\wedge Weight\wedge Hz.\wedge Gage\wedge St.}_{\text{Container' s Status}}\Rightarrow Len.\wedge Width\wedge Height$$

تعداد قوانین بدست آمده بسیار زیاد بوده در ادامه به تعدادی از آنها اشاره شده است :

- $\underbrace{Center\wedge Center}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Far\wedge Mild\wedge No\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow Center\wedge Center\wedge Q.U.D.$
- $\underbrace{Center\wedge Center}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Nearest\wedge E.M.\wedge No\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow Center\wedge Center\wedge S.U.D.$
- $\underbrace{Center\wedge Center}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Near\wedge Q.G.\wedge Yes\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow Center\wedge Center\wedge S.U.D.$
- $\underbrace{Q.Y.S.\wedge A.B.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Near\wedge Mild\wedge No\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow A.R.\wedge Q.L.\wedge Q.U.D$
- $\underbrace{Q.Y.S.\wedge A.B.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Far\wedge Mild\wedge No\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow A.R.\wedge Q.L.\wedge A.U.D$

- $\underbrace{Q.S.S.\wedge A.B.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Near\wedge Mild\wedge No\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow A.R.\wedge Q.R.\wedge Q.U.D$
- $\underbrace{Q.S.S.\wedge A.B.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Far\wedge Mild\wedge No\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow A.R.\wedge Q.R.\wedge A.U.D$
- $\underbrace{Q.Y.S.\wedge E.S.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Near\wedge Mild\wedge No\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow E.F.\wedge Q.L.\wedge Q.U.D$
- $\underbrace{Q.Y.S.\wedge E.S.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Far\wedge Mild\wedge No\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow E.F.\wedge Q.L.\wedge A.U.D$
- $\underbrace{Q.S.S.\wedge E.S.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Near\wedge Mild\wedge No\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow E.F.\wedge A.R.\wedge Q.U.D$
- $\underbrace{Q.S.S.\wedge E.S.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Far\wedge Mild\wedge No\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow E.F.\wedge A.R.\wedge A.U.D$
- $\underbrace{Center.\wedge A.B.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Near\wedge Q.M.\wedge No\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow A.R.\wedge Center.\wedge Q.U.D$
- $\underbrace{Center.\wedge A.B.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Near\wedge A.M.\wedge No\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow A.R.\wedge Center.\wedge A.U.D$
- $\underbrace{Center.\wedge A.B.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Near\wedge Mild.\wedge No\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow A.R.\wedge Center.\wedge A.O.D$
- $\underbrace{Center.\wedge E.B.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Near\wedge Mild.\wedge No\wedge Yes\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow A.R.\wedge Center.\wedge S.O.D$
- $\underbrace{E.Y.S.\wedge Q.S.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Near\wedge E.G.\wedge No\wedge No\wedge Empty}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow Q.F.\wedge E.L.\wedge S.O.D.$
- $\underbrace{A.Y.S.\wedge Center.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Farther\wedge E.G.\wedge No\wedge No\wedge Empty}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow Center\wedge A.L.\wedge S.O.D.$
- $\underbrace{AS.S.\wedge E.B.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Farthest\wedge E.G.\wedge Yes\wedge Yes\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow E.R.\wedge A.R.\wedge S.O.D.$
- $\underbrace{A.Y.S.\wedge Center.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Farthest\wedge E.G.\wedge No\wedge No\wedge Empty}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow Center\wedge A.L.\wedge Q.O.D.$
- $\underbrace{E.S.S.\wedge Q.B.S.}_{\text{Vessel's Status}}\wedge\underbrace{Nearer\wedge A.G.\wedge Yes\wedge No\wedge Full}_{\text{Container's Status}}\Rightarrow Q.R.\wedge E.R.\wedge A.U.D.$

موتور استنتاج

در اینجا ما از روش Mamdani and Assilian استفاده کرده ایم. این روش شامل سه مرحله ی ذیل است :

- بدست آوردن سطح فعال شدن (Firing Level) هر یک از قوانین.
- بدست آوردن خروجی هر یک از قوانین.
- جمع کردن (Aggregate) خروجی های هر یک قوانین برای محاسبه خروجی نهایی.

روش Deffuzification

خروجی موتور استنتاج به صورت فازی بوده که نشاندهنده ی محدوده ی قرارگیری کانتینر می باشد. در اینجا ما برای تعیین دقیق موقعیت قرارگیری هر کانتینر روی کشتی (یعنی Bay، Row و Tier) از واحد Defuzzifer به همراه واحد سرپرست استفاده کرده ایم. دلیل استفاده از واحد سرپرست این است که کنترلرفازی به طور دقیق از وضعیت کشتی (مثلا پر یا خالی بودن یک Slot خاص و یا وضعیت Plug های کشتی) آگاهی ندارد. در نتیجه واحد سرپرست که ورودی های خود را از وضعیت زنده ی کشتی، موتور استنتاج و حتی اپراتور می گیرد، موقعیت نهایی کانتینر روی کشتی را معین می نماید. در اینجا برای Deffuzification از روش Center of Area/Gravity استفاده شده است:

$$z_0 = \frac{\int_W zC(z)dz}{\int_W C(z)dz}$$

پیاده سازی

سیستم پیشنهادی هم اکنون در نرم افزار MATLAB با داده های مصنوعی و واقعی مورد شبیه سازی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده بویژه در مورد داده های واقعی نشان از توانایی های فوق العاده و بالقوه این سیستم دارد. هرچند که برای Fine Tune کردن سیستم با توجه به پیچیدگی ذاتی مسئله و نیز گستردگی آن به زمان بیشتری نیاز است. اصلاحات احتمالی بروی سیستم می تواند گستره ای از چگونگی تعریف متغیرها

و ترم های فازی ، پایگاه قوانین ، شیوه های Fuzzification و Defuzzification ، موتور استنتاج و نیز واحد سرپرست را در بر گیرد.

باید به این نکته توجه داشت که طرح چنین سیستمی در سراسر دنیا بی سابقه بوده و قرار است بهره برداری واقعی از آن در سیستم عملیاتی ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی موسوم به نرم افزار TCTS (Tidewater Container Terminal System) ، تنها نرم افزار جامع ایرانی کنترل عملیات ترمینال کانتینری (T.O.S) در شرکت تایدواتر خاورمیانه بعنوان پورت اپراتور اول بندر شهید رجایی انجام پذیرد.

نتیجه گیری

چگونگی بارچینی کشتی های کانتینری، یکی از مسائل متداول و روزمره در ترمینال کانتینری سراسر دنیا می باشد. حل بهینه ی این مسئله تاثیر فراوانی بر بهبود کارایی ترمینال کانتینری و نیز کاهش هزینه های آن خواهد داشت. این مسئله به جهت وابسته بودن آن به عوامل متعدد، مسئله ی دشواری تلقی می گردد. در این مقاله ما تلاش کردیم تا سیستمی فازی با سرپرست را جهت حل مسئله MBP پیشنهاد دهیم. سیستم پیشنهادی با توجه به استراتژی ذخیره سازی کانتینرها در بندر شهید رجایی (روش Pre-Marshaling) مورد طراحی قرار گرفته است. همانطوری که دیدیم سیستم از یک کنترل فازی و یک سیستم سرپرست که در بطن کنترلر قرار گرفته تشکیل شده است. هرچند که این سیستم هنوز در ابتدای راه خود قرار دارد ولی نتایج بدست آمده از شبیه سازی های اولیه این سیستم، قابلیت ها و برتری های برجسته ی آن را در زمینه های عملیاتی ثابت کرده است.

به منظور بهینه کردن این سیستم می توان علاوه بربکارگیری سایر روش های استلزام فازی (Fuzzy Implication) سیستم را طوری طراحی کرد که در صورت لزوم بارچینی اولیه ی کشتی را نیز مورد پردازش قرار دهد زیرا ممکن است بهینه سازی چیدن کانتینرها روی کشتی ، مستلزم تغییر شرایط اولیه مسئله نیز باشد. بعبارت دیگر اگر پلن ورودی کشتی طوری باشد که دستیابی به یک پلن خوب را غیر ممکن و یا پر هزینه سازد، بهتر است ابتدا سیستم تغییرات اولیه را (با برآورد هزینه) روی پلن ورودی اعمال نماید.

تلفیق چنین سیستم با روش های ریاضی و حتی استفاده از شبکه های عصبی در کنار سیستم فازی (Neuro Fuzzy) جهت اصلاح خودکار پایگاه قوانین (Rule Base) می تواند مورد توجه قرار گیرد.

منابع و مراجع

[1].Tidwater Middle East Marine Services PLC ‘s site , www.mytcts.com, 2005, Statistics , Fact and Figures

[2].Jurgen B¨ose1, Torsten Reiners1, Dirk Steenken2, and Stefan Voß, 2000, Vehicle Dispatching at Seaport Container Terminals Using Evolutionary Algorithms.

[3].D.Ambrosino, M.E. Marina, A. Sciomachen,2004, Decision rules for the yard management.

[4].Ambrosino, D., Sciomachen, A., Tanfani, E., 2002. Optimization containership stowage plans.

[5].Daniela Ambrosino, Anna Sciomachen , Elena Tanfani,2003, Master Bay Plan Problem

[6].Bischoff, E.E., Ratcliff, M.S.W., 1995. Issues on the development of approaches to container loading.

[7].Gehring, M., Bortfeldt, A., 1997. A genetic algorithm for solving container loading problem.

[8].Raidl, G.R., 1999. A weight-coded genetic algorithm for the multiple container packing problem.

[9].Atkins, W.H., 1991. Modern Marine Terminal Operations and Management. Boyle, Oakland.

[10]. Drik Steenken, Thoms Winter, Uwe Zimmermann,2001, Stowage and Transportation Optimization in Ship Planning.

[11]. Imai, A., Nishimura, E., Papadimitriu, S., Sasaki, K., 2002. The containership loading problem.

[12]. Avriel, M., Penn, M., 1993. Exact and approximate solutions of the container ship stowage problem.