Archive of SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز تحقیقات و اطلاعات علمی ایران

www.SID.ir

«به نام خدا»

برنامه ریزی جرثقیل های محوطه ای
در ترمینال های کانتینر با تکنیک الگوریتم ژنتیک

علی سرایی saraieali@yahoo.com

چکیده:

برنامه ریزی و استفاده مناسب از تجهیزات حمل و نقل کانتینر مدت هاست که مورد توجه مدیران اجرایی و محققان بوده و بررسی های وسیعی در مورد آن انجام شده است. یکی از هدف های مهم این گونه برنامه ریزی ها، حداقل سازی مجموع زمان های انتظار تجهیزات کانتینری به گونه ای است که حداکثر بهره برداری از آن ها میسر شود. در این مقاله با توجه به مزایای تکنیک الگوریتم ژنتیک[1] از این فن برای حل مساله استفاده شده است.

واژگان کلیدی : ترمینال کانتینر، زمان بندی، زمان انتظار، الگوریتم ژنتیک

۱ - مقدمه

در سطح بین المللی، بیش از ۹۰٪ حمل و نقل کالا از طریق دریا و حدود ۸۰٪ این سهم توسط کانتینر جا به جا می شود. بررسی آمار رشد حمل و نقل در بنادر کشور نیز موید ضرورت برنامه ریزی های بهتر برای زنجیره عملیات بندری به ویژه

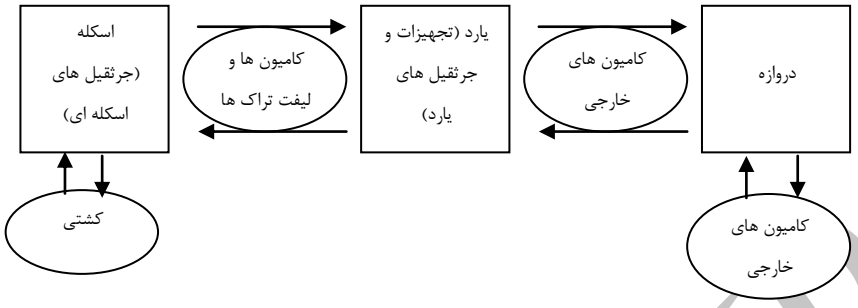
---

[1] . Genetic Algrithm

Archive of SID

www.SID.ir

در ترمینال های کانتینر برای کانتینرهای وارداتی، صادراتی و ترانزشیپ منت است. شکل ۱-۱ نمایی از فرآیند جابجایی کانتینر در ترمینال را نشان می دهد.



شکل ۱-۱ نمایی از فرآیند جابه جایی کانتینر

به طور معمول سه نوع برنامه ریزی بلند مدت، میان مدت و کوتاه مدت برای عملیات بندری در نظر گرفته می شود. در برنامه ریزی بلند مدت ساختارها و زیرساختارها نظیر طول اسکله ها، فضای محوطه ها، نوع و تعداد تجهیزات مد نظر است. از جمله بررسی های شاخصی که در این زمینه انجام شده می توان به مقاله های وان هی و وی براندز ، یون و چوی ، شابایک و یونگ اشاره نمود.

در برنامه ریزی های میان مدت، مسایلی از قبیل تخصیص اسکله ها به نوع کشتی، بهینه سازی تخصیص فضا، چیدمان کانتینر پرداخته می شود. محققانی نظیر آیمای و همکاران]، لیم ، کیم و مون به این موضوع ها پرداخته اند.

منظور از برنامه ریزی های کوتاه مدت همان برنامه ریزی های عملیاتی است که به طور معمول مدیران اجرایی ترمینال ها عهده دار آن هستند. تنها چند ساعتی قبل از ورود کشتی به بندر باید اسکله مناسب، تعداد جرثقیل های ساحلی مورد نیاز، تخصیص فضای موجود به کانتینرها در محوطه، زمان بندی

Archive of SID

www.SID.ir

تجهیزات کانتینری از جمله این نوع تصمیم گیری ها هستند. از جمله بررسی های شاخصی که در مورد این گونه برنامه ریزی ها انجام شده است می توان به مدل بیش ، دای و داگانزو اشاره نمود.

در این مقاله ابتدا مدلی بر مبنای برنامه ریزی ریاضی به منظور زمان بندی جرثقیل های یارد کرین با هدف حداقل سازی مجموع زمان انتظار آن ها طراحی می شود، سپس برای حل مدل، الگوریتمی ارایه می شود که مفاهیم مهندسی ژنتیک بنا شده است. آن گاه عملکرد مدل و الگوریتم مربوطه ارزیابی و سرانجام توصیه هایی در زمینه تحقیقات آتی در مورد موضوع مورد بحث ارایه خواهد شد.

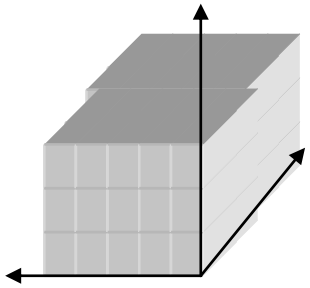
۲ - مدل ریاضی

به دلیل طولانی بودن مسیر تردد جرثقیل ها ی محوطه در مقایسه با جرثقیل های کنار اسکله، به طور معمول گلوگاه در زنجیره حمل و نقل داخل ترمینال کانتینر در محوطه ها ی چیدمان کانتینر به وجود می آید.

در اغلب بنادر برنامه ریزی جرثقیل های محوطه ای تاثیر بسزایی در کاهش تردد کامیون ها ی داخلی و خارج از دروازه و زمان تلف شده آن ها دارد. در هر شیفت کاری تعداد جرثقیل های تخصیص داده شده برای جا به جایی کانتینرها بستگی به چیدمان و میزان پخش بودن کانتینرها در محوطه دارد. به طور مثال در ترمینال کانتینر شماره ۲ یک بندر به طور معمول با چهار درآیه از یک ماتریس محل دقیق کانتینر نشان داده می شود (a,x,y,z) که در آن درآیه اول شماره جایگاه و سه درآیه دیگر محل کانتینر را نشان می دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



ترتیب کار	کد کانتینر	محل کانتینر در جایگاه خاص	زمان آماده به کار
۱.	NKKU1729162	(10,5,2)	۱۲:۰۰
۲.	OOCL2567887	(11,5,1)	۱۲:۰۳
۳.	HMML4288215	(2,3,2)	۱۲:۰۹
.	...	...	...
...	...	...	...
...			

در مدلی که ارایه می شود فرض بر آن است که متغیرها تصادفی نباشند. هم چنین:

الف – محل دقیق کانتینر و زمانی که هر جرثقیل آماده به کار است مشخص است.

ب- زمانی که برای جا به جایی هر کانتینر صرف می شود معلوم و مشخص و مستقل از ترتیب کارهاست.

بنابراین چنان چه:

- h_iزمان مورد نیاز برای انجام کار شماره i $(i = 1,2, \dots, n)$ شامل زمان تنظیم و زمان جا به جایی کانتینر.
- r_i زمان آماده بودن جرثقیل برای کار شماره i $(i = 1,2, \dots, n)$.
- d_{ij} زمان لازم برای تردد جرثقیل از مکان i $(i = 1,2, \dots, n)$ به مکان j $(j = 1,2, \dots, n)$ می باشد.
- فرض کنیدd_{0j} زمان مورد نیاز برای تردد از مکان اولیه به مکان j باشد.
- کارها به گونه ای برنامه ریزی می شود که $r_i \geq r_{i+1}$ شود.

Archive of SID

www.SID.ir

- t_i زمـانی اسـت کـه در آن یـارد کـرین کـار شـماره i را تکمیـل مـی نمایـد. به عبارت دیگر چنانچه زمان انتظار جرثقیل نـاچیز باشـد زمـان آمـاده بکـاری بعلاوه زمان اجام کار Iبرابر t_i خواهد شد.
- متغیر دو دویی $X_{ij} = 1$: اگر کار i قبل از کار j پایان یابد. در غیر ایـن صورت $X_{ij} = 0$
- چنان چه مجموعه زمان ها را با T و مجموعه X_{ij} را با X نشان داده شـود زمان تلف شده در محوطه برابر $t_i - h_i - r_i$ خواهد شد و مساله یافتن برنامه ریزی بهینه ای است که مجموع زمان های تلف شده را حداقل کنـد بـه گونه ای که :

$$Min. \sum_{i=1}^{n} (t_i - h_i - r_i)$$

Subject to:

$t_i \geq r_i + h_i$

i=1,2,…,n (1)

$t_j - t_i \geq d_{ij} + h_j - (1 - X_{ij})M$

i,j=1,2,…,n and i≠ j (2)

$X_{ij} + X_{ji} = 1$ (3)

i,j=1,2,…,n and i≠ j

$X_{ij} \in \{0,1\}$

i,j=1,2,…,n and i≠ j) (4)

سیستم برنامه ریزی دودویی شماره یک

Archive of SID

www.SID.ir

محدودیت شماره (1) رابطه بین زمان تکمیل کار، زمان آماده به کاری و زمان جا به جایی را نشان می دهد. محدودیت شماره (2)، زمان انجام کار زمان انجام کارهای پیش از آن را نمایش می دهد و در مواقعی که کار j بعد از کار I انجام می شود.

$$(1\text{-}Xij)M = 0 \text{ و } xij = 1 \text{ ،}$$

همان گونه که ملاحظه می شود، قسمت راست نامعادله از صفر بیش تر شده و نامعادله به صورت $t_j - t_i \geq d_{ij} + h_j$ تبدیل می شود. بنابر این تضمین می شود که کار j بعد از کار i انجام شود.

محدودیت (۳) درستی ترتیب مجموعه متغیرهای X را تضمین و محدودیت شماره (۴) جنس متغیر که از نوع دو دویی می باشد را نشان می دهد. از آن جا که حداقل سازی $\sum t_i - h_i - r_i$ همانند حداقل سازی $\sum t_i$ است، لذا می توان تابع هدف را با حفظ سایر محدودیت ها تغییر داد.

چنانچه فرض کنیم کارهایی که به صورت مرتب تا کار i^{th} انجام شده اند با $[i]$نمایش داده شود، آن گاه زمان تکمیل کارها تا iامین کار از $r_i = 0$برابر است با $t_i = \sum_{j=1}^{i}(h_{[j]} + d_{[j-1][j]}$ و جمع زمان مورد نیاز برای انجام کار برابر می شود با:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{i}\left(h_{[j]} + d_{[j-1][j]}\right) = \sum_{i=1}^{n}(n - i + 1)(h_{[i]} + d_{[i-1][i]})$$

زمان مورد نیاز برای حل سیستم برنامه ریزی دودویی فوق با افزایش تعداد کارها به صورت نمایی افزایش می یابد. به عبارت دیگر مساله مذکور یک مساله N هارد است. راه

Archive of SID

www.SID.ir

دیگر بیان کردن مساله فوق استفاده از نظریه تخصیص است.

فرض کنید j جایگاه وجود دارد $j = 1,2, \dots, n$ و می خواهیم i کار را $i = 1,2, \dots, n$ به این j جایگاه تخصیص دهیم. کافی است متغیر دودویی Z_{ij} را چنان تعریف کنیم که اگر i امین کار j امین ترتیب را داشته باشد $Z_{ij} = 1$ در غیر این صورت برابر صفر شود آن گاه سیستم برنامه ریزی عدد صحیح زیر معادل سیستم شماره یک می شود.

$$Min. \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} Z_{ij} * T_{ij}(Z)$$

Subject to:

$\sum_{j=1}^{n} Z_{ij} = 1$ $\quad i = 1,2, \dots, n$ (5)

$\sum_{i=1}^{n} Z_{ij} = 1$ $\quad j = 1,2, \dots, n$ (6)

$Z_{ij} \in \{0,1\}$ $\quad I,j = 1,2, \dots, n$ (7)

سیستم برنامه ریزی دودویی شماره دو

یافتن تابع $T_{ij}(z)$ در Z (مجموعه Z_{ij} ها) که بتواند تابع هدف سیستم شماره دو را حداقل نماید کار ساده ای نیست.

فرض کنید کمینه زمان ممکن که یارد کرین کار شماره i در ترتیب j ام را انجام می دهد را با $\overline{T}_{ij}$ نشان دهیم یعنی :

$$. T_{ij}(Z) \geq \overline{T}_{ij}$$

Archive of SID

www.SID.ir

اولویت اول برای تکمیل کار i ام بستگی به میزان زمان لازم برای انجام کار i و در دسترس بودن وسیله دارد دسترس بودن وسیله توسط تابع $max\{d_{0i}, ri\}$ قابل تخمین است. لذا به ازای $i = 1,2, \dots, n$ داریم:

$\bar{T}_{i,1}$ =

تابع هدف سیستم شماره دو هنگامی کمینه می شود که مجموع تجمعی زمان های j امین کار j=1,2,..,n کمینه گردد لذا جواب سیستم زیر نزدیک به پاسخ بهینه مساله زمان بندی کانتری کرین به ازای $i, j = 1,2, \dots, n$ در ترمینال کانتینر است:

$$Min. \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} Z_{ij} * \bar{T}_{ij}$$

$$\bar{T}_{i,1} = h_i + max\{d_{0i}, ri\} \quad (8)$$

$$\bar{T}_{i,1} = h_i + max\left\{ \min_{q \in \{1,2,\dots,n\} and\ i \neq q} \{\bar{T}_{q,j-1} + d_{qi}\}, ri \right\} \quad (9)$$

Subject to: (5), (6), (7)

سیستم برنامه ریزی دودویی شماره سه

با به کارگیری الگوریتم زیر می توان سیستم شماره سه را حل نمود:

الف- به ازای $i, j = 1,2, \dots, n$ مقدار $\overline{T}_{ij}$ را با توجه به معادله های (8) و (9) به دست آورید.

Archive of SID

www.SID.ir

ب – با توجه به تامین معادله های (7) , (6) ,(5) مقادیر $\overline{T}_{ij}$را در تابع هدف سیستم برنامه ریزی شماره سه قرار داده و زمان بندی بهینه را به دست آورید.

هنگامی که تعداد کارها یک یا دو رقمی باشد برنامه نویسی الگوریتم فوق منطقی بوده و در زمان معقولی پاسخ نزدیک به بهینه قابل تخمین خواهد بود اما با افزایش خطی تعداد کارها میزان زمان صرف شده برای حل مساله به صورت نمایی افزایش یافته و در نتیجه مساله غیر قابل حل شده و یا آن که رایانه مدت زمان بسیار زیادی را باید صرف نماید. در یک ترمینال متوسط، صدها کانتینر طی یک روز کاری حمل و نقل و چیدمان می شوند، تحت این شرایط روش حل مساله به طریقه برنامه نویسی سیستم کارآ نخواهد بود. در ادامه با استفاده از تکنیک الگوریتم ژنتیک روشی ارایه می شود که تحت شرایط واقعی با صرف زمان معقول برنامه ریاضی سیستم شماره سه حل شود.

۳ -الگوریتم حل مساله

الگوریتم ژنتیک برای اولین بار در سال ۱۹۷۰ توسط جان هولند[۲] و همکارانش در دانشگاه میشیگان ارایه شد. الگوریتم ژنتیک در واقع تکنیک بهینه یابی مدل های ریاضی از طریق فرآیند مبتنی بر مبانی ارگانیسم های موجودات زنده است و به همین دلیل در این الگوریتم از برخی اصطلاحات زیست شناسی استفاده می شود. از میان روش های ابتکاری[۳]، الگوریتم ژنتیک بیش تر مورد توجه محققین قرار گرفته است. سادگی و انطاف پذیری زیاد، از جمله ویژگی های این تکنیک محسوب می شود. در

---

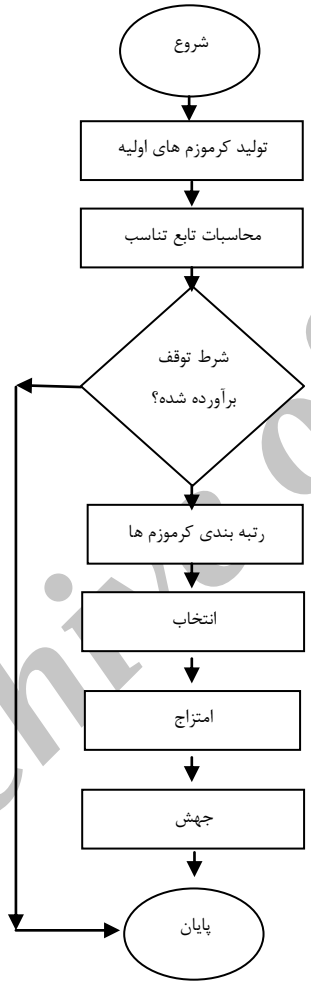
2 - John Holland

3 - Heuristic

Archive of SID

www.SID.ir

سال های اخیر به تکرار از الگوریتم ژنتیک برای مساله زمان بندی و توالی عملیات استفاده شده است و برنامه های رایانه ای متنوعی در این زمینه به بازار عرضه شده است.



Archive of SID

www.SID.ir

تولید کرموزم[۴] های اولیه

هر شماره کار مختص کانتینری است که زمان عملیاتی خاص خود را دارد و یک فهرست کار کرموزمی را مشخص می کند که هر ژن آن یک شماره کار است. آنچه که در شکل دادن یک کرموزم مهم است زمان های دسترسی به یارد کرین است (که طبق قاعده نباید نزولی باشند) به طور مثال چنان چه یک فهرست کار به شکل زیر داشته باشیم:

شماره کار	۱	۲	۳	۴
زمان دسترسی	۲/۱۳	۱/۲۳	۱۰/۵۸	۵/۳۴

کرموزم شماره یک شکل می گیرد:

۲	۱	۴	۳

جمعیت[۵] کرموزم ها

چنان چه اندازه جمعیت را با m نشان دهیم، به دلیل آن که بعد از هر امتزاج یا تکامل تنها یک کرموزم از هر جفت والدین تولید می شود، حداکثر تعداد کرموزم هایی که می توان در هر تکرار تولید نمود برابر $m \times 2$ است.

---

[4] – Chromosome

[5]– Population

Archive of SID

www.SID.ir

محاسبه مقدارهای تابع تناسب[۶]

میزان قابلیت و توانایی هر کرموزم در حصول پاسخ بهینه توسط تابع تناسب سنجیده می شود. از آن جا که تابع هدف حداقل سازی زمان تکمیل کارهاست یعنی $\sum t_i$ می باشد، تابع $1/\sum t_i$ تابع مناسبی برای حداقل سازی است. به عبارت دیگر بالا بودن مقدار تابع تناسب هنگامی به دست می آید که $\sum t_i$ حداقل شود. با تولید نسل های جدید کرموزم ها مقادیر تابع تناسب سنجیده می شود و هنگامی که معیار مربوط تامین شد الگوریتم خاتمه می یابد.

رتبه بندی[۷] و انتخاب[۸]

چنانچه به هر کرموزم اجازه تولید مثل داده شود، احتمال حرکت به سوی تکامل و حصول پاسخ بهینه ضعیف می شود. لذا باید به کرموزم هایی اجازه تولید مثل داده شود که بهترین تناسب را داشته باشند. فرآیند انتخاب باید به گونه ای باشد که اجازه تنوع به کرموزم ها نیز داده شود. تاماکی چندین فرآیند انتخاب را برای مسایل بهینه یابی مسایل برنامه ریزی آرمانی ارایه داد. ماتسویی دو نوع فرآیند انتخاب را بر اساس همبستگی بین کرموزم ها ارایه داد در این توابع تنوع بین کرموزم ها با کاهش همبستگی افزایش می یابد.

در قسمت مطالعه موردی این مقاله قبل از فرآیند انتخاب، تمامی مقادیر تناسب به صورت نزولی مرتب می شوند. به جز اولین فرآیند ، ۵۰٪ از کرموزم ها، برای تولید نسل بعدی انتخاب می شوند. لذا تضمین می شود نسل بعدی از بهترین کرموزم ها به

---

[6] – Fitness value

[7] – Ranking

[8] Selection -

Archive of SID

www.SID.ir

دست می آیند. بعد از فرآیند انتخاب، باید دو کروموزوم برای امتزاج انتخاب شوند. در این تحقیق کرموزمی که بالاترین رقم تناسب را در ۵۰٪ کرموزم های منتخب دارد با کرموزمی که کم ترین مقدار را دارد آمیزش داده می شود.

امتزاج[۹]

پنج دسته فرآیند امتزاج از سوی محققین ارایه شده است (Cheng et al., 1999) که عبارتند از:

- Partially – Mapped Crossover (PMC)
- Order Crossover (OC)
- Position – Based Crossover (PBC)
- Order – Based Crossover (OBC)
- Cycle Crossover (CC)

در تمامی روش های مذکور، از تبادل ژن والدین فرزند جدید تولید می شود. به طور مثال در روش Order – Based Crossover به طور تصادفی تعدادی از مکان ها انتخاب و ژن ها تعویض می شود. به دلیل آن که هر شماره کار معرف یک ژن است لذا تکرار دو یا چند ژن در هر کرموزم بی معنا بوده و ژن های تکراری باید حذف شوند، به همین دلیل چنان چه دو یا چند ژن در یک کرموزم تولیدی تکراری بود، تعویض در مکان دیگری ایجاد می شود. علاقه مندان می توانند به تحقیق انجام شده توسط چنگ و همکاران مراجعه کنند.

---

[9] – Crossover

Archive of SID

www.SID.ir

می توان از هر پنج روش برای تولید نسل های جدید به طور توام استفاده کرد. به طور مثال در طرح ۹۰٪ PMC و ۱۰٪ OC این گونه عمل می شود که بعد از مرتب سازی بر اساس تابع سازگاری، از۹۰٪ والدین طبق روش PMC برای تولید نسل جدید از ۱۰٪ آن ها از طریق OC استفاده می شود. دلیل استفاده از تمامی روش های فوق تنوع در ایجاد نسل های جدید کرموزم ها به منظور افزایش شانس دسترسی به پاسخ بهینه است. کرموزم های یکسان، ناحیه جستجو را محدود می کنند و فرصت جستجو سراسری را از بین می برند. درصدها نیز می تواند به صورت تصادفی ایجاد شود.

جهش[۱۰]

در علوم زیست شناسی، جهش ژنتیکی هنگامی رخ می دهد که یک یا چند ژن حذف، اضافه و یا تغییر ماهیت دهند. در الگوریتم ژنتیک، جهش موجب تغییر یک بیت در سلسله بیت های یک کرموزم است. جهش همانند امتزاج از هم گرایی سریع و رسیدن به یک پاسخ محلی جلوگیری می کند. با تغییر بیت در واقع جستجو در نواحی جدید اغاز می شود.

۴ - راهنمای مطالعات موردی

عملیات حمل ونقل و چیدمان کانتینر در محوطه ها به طور معمول جزیی از گلوگاه محسوب می شوند این عملیات منجر به کاهش سرعت و راندمان در زنجیره حمل و نقل می شوند. بررسی بسیار وسیعی در این زمینه ارایه شده است. مدل ها و برنامه ریزی های ریاضی زمان بندی و توالی عملیات قسمتی از مطالعاتی هستند که با

---

[10]- Mutation

Archive of SID

www.SID.ir

هدف افزایش سرعت و راندمان کار ترمینال های کانتینر ارایه شده است.

مدل طراحی شده در این مقاله را می توان با داده های حاصل از ترمینال های کانتینر بنادر کشور به کار گرفت و برنامه توالی عملیات و زمان بندی مناسب برای ده ها کانتینر را به دست آورد. البته هر ترمینال کانتینر محدودیت ها و شرایط خاص خود را دارد، اما با مطالعه هر یک می توان محدودیت های مذکور را به مدل اضافه نمود و یا حتی برنامه نرم افزاری برای آن تدوین کرد که بعد از ورود اطلاعات، سیستم توالی عملیات پیشنهادی را ارایه دهد.

به منظور حصول به توالی عملیات مناسب کافی است در مدل ساده ای که در قالب سیستم شماره سه ارایه شداقدام های زیر را انجام داد:

برآورد پارامترهای مدل را از طریق جمع آوری داده های مربوط به موارد زیر:

- زمان مورد نیاز برای انجام کار شماره i ($i,j = 1,2,\dots,n)/i\#j$ شامل زمان تنظیم و زمان جا به جایی کانتینر.
- زمان آماده بودن جرثقیل برای کار شماره i .
- زمان لازم برای تردد جرثقیل از مکان i به مکان j .

I. جایگزینی پارامترها در سیستم شماره سه.

II. برنامه نویسی الگوریتم ژنتیک ارایه شده در قسمت سوم با نرم افزار مناسب نظیر Matlab .

III. حصول توالی عملیات به گونه ای که زمان کل کمینه شود.

IV. تحلیل حساسیت بر پارامترهای تخمین زده شده.

۵ - نتیجه گیری و ارایه پیشنهادها

در این مقاله یک مدل ساده برنامه ریزی عدد صحیح به منظور حداقل سازی زمان

Archive of SID

www.SID.ir

تکمیل شدن یک مجموعه کار از طریق زمان بندی توالی عملیات حمل و نقل و چیدمان کانتینر در محوطه انبارش ترمینال ارایه شد. برای اجرایی شدن مدل باید برخی محدودیت های فیزیکی و تاکیدهای خاص هر ترمینال کانتینر به محدودیت های مدل شماره سه اضافه شود. سپس چارچوب یک الگوریتم ژنتیک مناسب برای مساله تشریح شود.

پیشنهاد می شود تا با انجام مطالعه ای موردی در یکی از ترمینال کانتینر های بنادر و برنامه نویسی زمان بندی به منظور حل سیستم شماره سه انجام شود. تهیه نرم افزار خاص هر ترمینال کانتینر می تواند پایه گذار روان سازی انجام کار برای ده ها فعالیت در ترمینال شود.

Archive of SID

www.SID.ir

مراجع :

[۱] Van Hee, K.M., Wijbrands, R.J. (1988), Decision support system for container terminal planning, European Journal of Operational Research 34, 262-272

[۲] Choi, Y.S. and Yun, W.Y. (2000) "Simulator for Port Container Terminal Using An Object-Oriented Approach", Report Brain Korea 21, Logistics Team

[۳] Shabayek, A., Yeung, W., 2002. A simulation model for the Kwai Chung container terminals in Hong Kong. European Journal of Operational Research 140, 1–11.

[۴] Imai, Nagaiwa, et al. – 1997. Efficient planning of berth allocation for container terminals in Asia . Journal of Advanced Transportation

[۵] Lim, A. (1998) The berth planning problem, Operations Research Letters, 22 (2-3) 105–110.

[۶] Kim, K. H. and K. C. Moon (2003) Berth scheduling by simulated annealing, Transportation Research Part B, 37 (6) 541–560.

[۷] Bish, E. K. (2003) A multiple-crane-constrained scheduling problem in a container terminal, European Journal of perational Research, 144, 83–107.

[۸] Dai, J., W. Lin, R. Moorthy and C. P. Teo (2008) Berth allocation planning optimization in container terminals, in C. S. Tang, C. P. Teo and K. K. Wei (eds.) Supply Chain Analysis, vol. 119 of International Series in Operations Research & Management Science, 69–104, Springer

[۹] Daganzo, C. F. (1989) The crane scheduling problem, Transportation Research Part B, 23, 159–175.

[۱۰] Tamaki, M. Mori andM. Araki. (1995). Generation of a Set of Pareto-Optimal Solutions by Genetic Algorithms. ransaction of SICE, Vol. 31, No. 8, pp. 1185–1192.

[۱۱] S. Matsui, I. Watanabe, and K. Tokoro: "Real-coded parameter free genetic algorithm for job-shop scheduling problems," Proc. 7th Parallel

Archive of SID

www.SID.ir

Problem Solving from Nature – PPSN VII, pp.800–810, 2002.

[۱۲] Stephen Chen , Stephen F. Smith (1999). Improving Genetic Algorithms by Search Space Reductions (with Applications to Flow Shop Scheduling " in Proceedings of the ۱۹۹۹ Genetic and Evolutionary Computation Conference

Archive of SID

www.SID.ir