



اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی

انتخاب محل بهینه برای تاورکرین در کارگاه ساختمانی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

دنا محمودنیا^۱، محمد رستگار مقدم^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی سجاد

۲- دانشجوی دکتری مهندسی و مدیریت ساخت دانشگاه علم و صنعت ایران

(Dena.mahmudnia@gmail.com)

چکیده

برنامه‌ریزی چیدمان کارگاه‌های ساختمانی از مهم‌ترین گام‌ها در راستای اجرای پروژه می‌باشد و انتخاب محل مناسب برای تاورکرین در رأس آن می‌باشد. به علت تعدد فاکتورهای مؤثر در انتخاب و جانمایی تاورکرین و فقدان منابع مناسب، مهندسان، جانمایی تاورکرین را به صورت تجربی انجام می‌دهند که خود سبب کاهش ایمنی و بازدهی در محیط کارگاه می‌شود. هدف این مقاله ارائه یک روش علمی بر پایه‌ی الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک، برای جانمایی مناسب و بهینه تاورکرین در فضای سایت کارگاهی می‌باشد. این تحقیق با کمینه کردن زمان و هزینه، محل مناسب تاورکرین را معرفی می‌کند.

کلمات کلیدی: تاورکرین، چیدمان کارگاه، بهینه‌سازی، جانمایی، الگوریتم ژنتیک.

۱- مقدمه

جانمایی تاورکرین گام مهمی در امر برنامه‌ریزی چیدمان کارگاه می‌باشد. تاکنون مطالعات زیادی در حوزه‌های مختلف مربوط به تاورکرین از جمله ایمنی، اثر باد، پایداری جانبی، ثبات پایه‌ی تاورکرین و ... صورت گرفته است. نقش تاورکرین در سازه انتقال مصالح می‌باشد. از قدیمی‌ترین مطالعات در رابطه با تاورکرین‌ها می‌توان به مقاله Walter و همکاران [۱] در سال ۱۹۸۳ اشاره کرد. آن‌ها یک مدل ریاضی برای انتخاب محل بهینه تاورکرین در کارگاه ساختمانی به جهت دستیابی به کمترین هزینه ارائه کردند. آن‌ها در تحقیقاتشان حرکت‌های زاویه‌ای و شعاعی را مدنظر قرار دادند. تحقیق Zhang و همکاران در سال ۱۹۹۹ [۲] اولین گام در محاسبه‌ی زمان انتقال مصالح توسط تاورکرین می‌باشد و پایه تحقیقات انجام‌شده در سال‌های بعد در رابطه با تاورکرین می‌باشد. مدل کامپیوتری آن‌ها معیارهای مکان‌یابی‌ای از قبیل حجم کاری متعادل، حداقل امکان درگیری تاورکرین‌ها با یکدیگر و بازدهی بالای عملیات برای گروهی از تاورکرین‌ها در نظر گرفته است. به این منظور سه مدل ارائه کردند. در ابتدا مکان امکان‌پذیر برای هر تاور را مطابق با هندسه نزدیکی انجام دادند، در مرحله بعد گروه‌های کاری پیشین را برای حداقل شدن میزان درگیری تنظیم کردند و سرانجام بعد از طی این دو مرحله، مدل بهینه تاورکرین منفرد ارائه شده است. پس از آن‌ها افراد مختلفی در زمینه جانمایی تاورکرین با استفاده از معادلات زمانی Zhang و همکارانش استفاده کردند در تحقیق همه آن‌ها انتخاب محل مناسب تاورکرین با کم کردن هزینه و زمان انجام‌شده است. از جمله آن‌ها می‌توان به تحقیق Tam و همکاران [۳] در سال ۲۰۰۳ اشاره کرد آن‌ها مدلی برای بهینه‌سازی جانمایی تاورکرین در کارگاه ساختمانی ارائه دادند و در مطالعاتشان از مدل شبکه عصبی مصنوعی برای مدل غیرخطی عملیات تاورکرین استفاده نمودند. Huang و همکاران [۴] در سال ۲۰۱۱ بر روی کاهش هزینه تاورکرین از طریق جانمایی مناسب آن تمرکز کردند. آن‌ها از برنامه‌ریزی



اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی

خطی مختلط عدد صحیح ($MILP^1$) برای بهینه‌سازی مکان تاور کرین بهره بردند. عباسپور و اشتهاوردیان [۵] در سال ۲۰۱۳ برای تعیین محل بهینه تاورکرین و نقاط بارگیری در چیدمان کارگاه یک مدلی ریاضی ارائه کردند. آن‌ها با توجه به این موضوع که نصب و عملیات تاور کرین از جمله تسهیلات پر هزینه در امر چیدمان کارگاه است و جانمایی مناسب آن اهمیت زیادی دارد، روشی جدیدی را برای تعیین محل بهینه تاورکرین و نقاط بارگیری در کارگاه با در نظر گرفتن محدودیت‌های مکانی در سه بعد ارائه کردند. آن‌ها با توجه به محاسبه کمترین زمان ممکن برای انجام عملیات، کم‌هزینه‌ترین برای انتخاب نقاط قرارگیری تاورکرین را به دست آوردند. آن‌ها در تحقیقشان یک مسئله را با استفاده از روش پیشنهادی خود و با استفاده از زبان برنامه‌نویسی کامپیوتری $C\#$ حل کرده‌اند. Wang و همکاران [۶] در سال ۲۰۱۵ برای یافتن ورودی‌های موردنیاز برای جانمایی تاورکرین از رویکرد BIM^2 استفاده کردند و پس از تعیین ورودی‌ها با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب به بهینه‌سازی محل نقاط عرضه و تاور کرین پرداختند و در نهایت خروجی‌ها را در یک مدل سه‌بعدی ارائه کردند. زهرا سادات موسوی و همکاران [۷] در سال ۲۰۱۶ ثابت کردند محل تاور کرین تأثیر مستقیم روی هزینه و زمان انتقال مصالح دارد و از سوی دیگر فاصله تاور کرین از محل‌های دپو و نقاط بارانداز روی گشتاور وارد به تاورکرین مؤثر است، آن‌ها در تحقیقاتشان یک مدل بهینه‌سازی اصلاح‌شده را معرفی کردند که اثر جانمایی تاورکرین را روی ظرفیت موردنیاز آن و زمان و هزینه‌های کلی عملیات نشان می‌دهد و برای نشان دادن اهمیت این اثر، مدل برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح را روی یک مطالعه موردی پیاده کردند. مجتبی حسینی و همکاران در سال ۲۰۱۷ [۸] با نظر به اینکه انتخاب محل مناسب تاور کرین هزینه‌های اضافی وارد بر پروژه را کاهش می‌دهد اقدام به ارائه مدلی کردند. مدل آن‌ها با تعیین حداقل شعاع برای تاورکرین، تاورکرینی که زمان و هزینه انتقال مصالح را کاهش می‌دهد.

الگوریتم تاورکرین مناسب برای پروژه را پیشنهاد می‌دهد. ژنتیک یک الگوریتم الهام گرفته شده از طبیعت و بر پایه‌ی جست‌وجوی تصادفی است. در این مقاله قصد داریم با استفاده از این الگوریتم، مدلی ارائه کنیم که تا بهترین مکان برای تاور کرین را به‌گونه‌ای تعیین کند که زمان و هزینه انتقال مصالح را کاهش دهد و در انتها برای نشان دادن کارایی مدل آن را بر روی یک پروژه منتخب پیاده‌سازی خواهیم کرد.

۲- مدل الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک بر پایه‌ی جست‌وجوی تصادفی استوار است. این الگوریتم از مکانیزم انتخاب طبیعی و قانون بقا بهره می‌گیرد [۳]. الگوریتم ژنتیک ابتدا مجموعه‌ای از راه‌حل‌ها را بر اساس تناسبشان در یک محیط مشخص خلق می‌کند. روند کار این الگوریتم به شامل موارد زیر است:

- ۱- ابتدا یک جمعیت اولیه از راه‌حل‌های تصادفی خلق می‌شود.
- ۲- به هر عضو جمعیت یک مقدار برازندگی (fitness value) اختصاص داده می‌شود.
- ۳- راه‌حل‌هایی که مقدار برازندگی بیشتری دارند برای والد شدن شانس بیشتری دارند.
- ۴- یک تولید مثل جدید انجام می‌شود و راه‌حل‌های جدید بجای راه‌حل‌های قبلی قرار می‌گیرند.
- ۵- از مرحله دو باز مجدداً مراحل تکرار می‌شود.

این توالی به ساده‌ترین شکل ممکن انجام می‌شود که قانون بقا اصلح می‌باشد. خروجی GA بر اساس احتمالات است، فقط به‌عنوان یک موفقیت بیولوژیکی مبتنی بر شانس می‌باشد. الگوریتم‌های ژنتیک فرض می‌کنند راه‌حل بالقوه مسئله منحصره‌فرد است و می‌تواند توسط مجموعه‌ای از پارامترها تولید شود این پارامترها به‌عنوان ژن‌های یک کروموزوم در نظر گرفته می‌شوند

¹ Mathematical Integer linear Programming

² Building Information Modeling



اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی

که به صورت یک رشته از مقادیر به فرم دودویی ساخته شده‌اند. به دلیل ویژگی‌های متمایزکننده از قبیل استقلال دامنه، غیرخطی بودن و طبیعت موازی، الگوریتم ژنتیک به صورت چندبعدی می‌باشد و رویکرد مؤثری برای حل مسائل بهینه‌سازی دارد. کاربرد موفقیت‌آمیز الگوریتم‌های ژنتیک در مسئله‌های ترکیبی و مجزا سبب شده است الگوریتم ژنتیک برای حل مسائل بهینه‌سازی غیرخطی مختلف مورد استفاده قرار گیرد [۳].

۳- توصیف مدل

برای جانمایی بهینه تاور کرین، سه مرحله حائز اهمیت است: ابتدا مکان‌های مجاز برای نقاط عرضه از نقشه سایت پیشنهاد می‌شود. این کار با در نظر گرفتن طول جیب تاور کرین و ظرفیت شعاع، اندازه موردنیاز نقاط عرضه و دیگر ملاحظات سایت حاصل می‌شود. پس از آن موقعیت نقاط تقاضا بر اساس شکل هندسی ساختمان دائمی مشخص می‌شوند و در آخر موقعیت‌های احتمالی برای تاورکرین پیشنهاد می‌گردند. این مکان‌های احتمالی به طراحی ساختمان، استقرار فضاهای دائمی سازه اصلی و ایجاد تسهیلات برای دیگر فعالیت‌های سایت و... سرانجام یک مدل الگوریتم بهینه‌سازی اعمال می‌شود در انتهای بهینه‌سازی دو خروجی که عبارت‌اند از محل تاورکرین و محل نقاط عرضه برای داد ستد های مختلف، خواهیم داشت.

۳-۱- فرضیات

فرضیات زیر جهت ساده‌سازی مدل اعمال شده است:

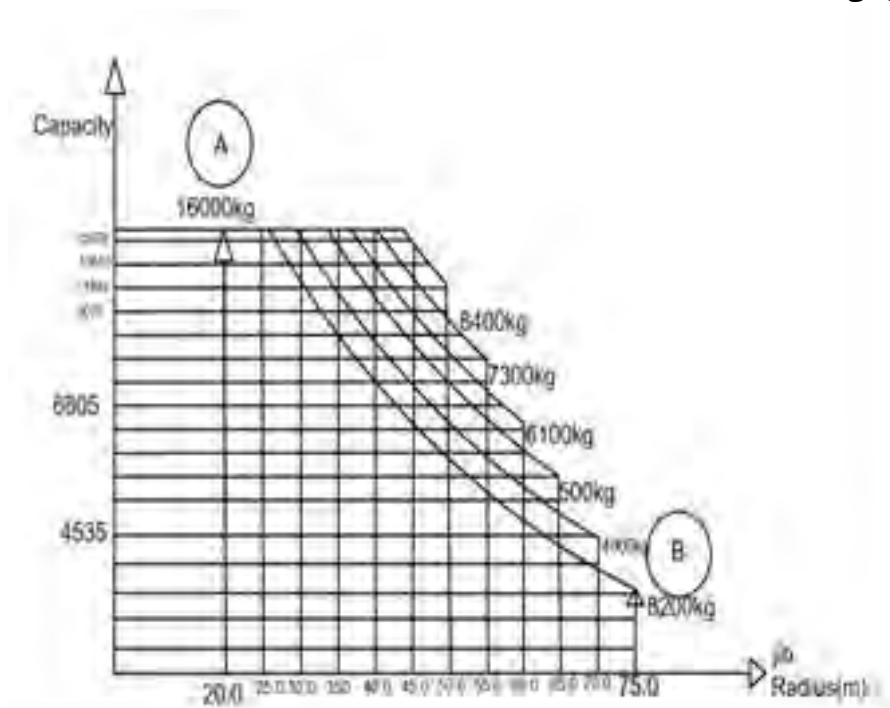
- در یک طرح هندسی همه نقاط تقاضا پیش بینی شده و کار گذاشته شده است.
- برای هر جفت عرضه و تقاضا، سطح تقاضا برای انتقال مصالح مشخص است و شامل کل باربرداری تعداد باربرداری و ماکزیمم بار موجود است.
- مصالح منتقل شده بین هر جفت عرضه و تقاضا فقط با یک کرین سر و کار دارند. حرکت هم‌زمان افقی عملیات کرین در باربرداری با توجه به تجربه اپراتور ۷۶ درصد کل مدت زیر می‌باشد. بنابراین ضریب تأثیر آلفا که در جهت تطبیق حرکت قلاب در جهت‌های شعاعی و مماسی در صفحه افقی را ارائه می‌کنند ۲۵٪ فرض می‌شود [۳].
- ضریب بتا (β) نشان‌دهنده درجه هماهنگی حرکت قلاب در پلان افقی و عمودی می‌باشد که مقدارش بین صفر و یک می‌باشد. صفر برای حرکت‌های کاملاً هم‌زمان و یک برای حرکت‌های کاملاً متوالی می‌باشد که در این تحقیق برای بتا مقدار یک فرض شده است
- موقعیت‌های امکان‌پذیر برای تاورکرین و نقاط عرضه توسط شرایط کارگاه و شکل ساختمان اصلی محدود شده‌اند.
- حوزه هر نقطه عرضه به اندازه کافی بزرگ است تا تمام ملزومات را در خود جای دهند.

۳-۲- مدل‌سازی حرکت تاورکرین برای انتقال مصالح

برای انتخاب انواع تاور کرین نیاز به اطلاعاتی از قبیل ابعاد و وزن‌های ماکزیمم، تجهیزات در دسترس، شرایط زمین و ابعاد کارگاه می‌باشد. همچنین داشتن فاکتورهایی از قبیل شرایط زمین، تداخل با دیگر تجهیزات، تشخیص موانع در کارگاه، مکان‌های با میدان دید خوب و اثر باد کم ضروری است. در این تحقیق فرض شده است که تمام موقعیت‌های در دسترس تاورکرین از قبل شناسایی و نقاطی به‌عنوان کاندیدهای انتخاب تاور کرین پیشنهاد شده‌اند. در قدم بعدی با توجه به نقشه‌ی سایت، طول جیب تاور کرین، شعاع چرخش، ظرفیت بارگیری و ابعاد موردنیاز، موقعیت نقاط عرضه مصالح و دیگر محدودیت‌های هندسی سایت شناسایی می‌شوند. از طرفی نقاط تقاضا در هر پروژه مکان‌های مشخصی دارند زیرا تابع شکل هندسی ساختمان در حال ساخت هستند. در نهایت برای انتخاب بهترین خروجی‌ها که همان نقاط عرضه و مکان مناسب برای تاورکرین است، یک مدل بهینه‌سازی شده معرفی می‌شود. هدف این مدل کمینه کردن هزینه‌ها و زمان انتقال مصالح است.

اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی

منطقه تحت پوشش تاور کرین توسط طول جیب و ظرفیت باربردار آن سنجیده می‌شود و منحنی ظرفیت- شعاع ارتباط بین این دو را به خوبی نشان می‌دهد همان‌طور که در شکل (۱) دیده می‌شود هر چه تاور کرین بار سنگین‌تری بردارد شعاع عملیاتی آن کاهش می‌یابد.



شکل شماره (۱): منحنی ظرفیت-شعاع

۴- محاسبه زمان انتقال مصالح

Zhang یک مدل ریاضی برای تعیین زمان سفر قلاب پیشنهاد توسعه داده است و بدین صورت می‌باشد:

فاصله نقاط عرضه و تاور کرین:

$$\rho(D_j^x, Cr_k^x) = \sqrt{(D_j^x - Cr_k^x)^2 + (D_j^y - Cr_k^y)^2} \quad (1)$$

فاصله نقاط تقاضا و تاور کرین:

$$\rho(S_i^x, Cr_k^x) = \sqrt{(S_i^x - Cr_k^x)^2 + (S_i^y - Cr_k^y)^2} \quad (2)$$

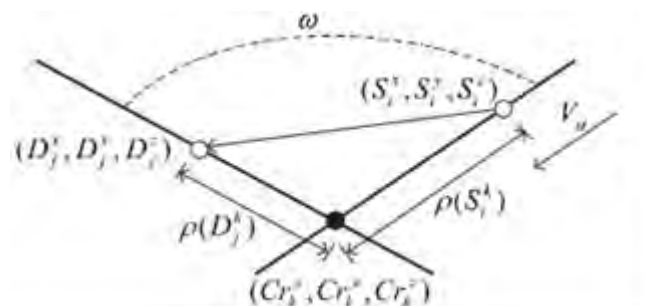
فاصله نقاط عرضه و نقاط تقاضا:

$$l_{i,j} = \sqrt{(D_j^x - Cr_k^x)^2 + (D_j^y - Cr_k^y)^2} \quad (3)$$

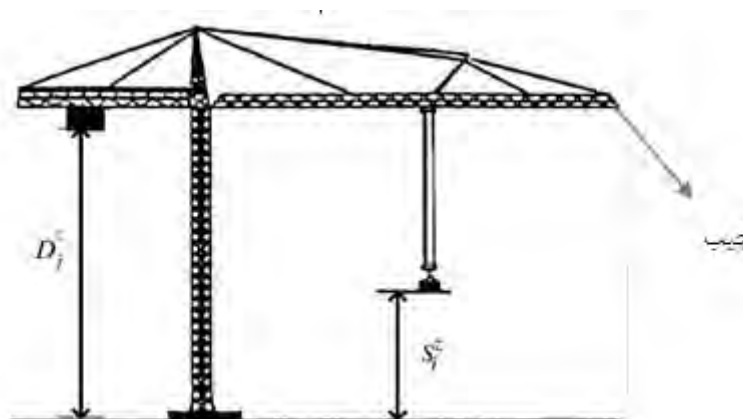
در روابط بالا، (D_j^x, D_j^y, D_j^z) مختصات نقاط تقاضا، (Cr_k^x, Cr_k^y, Cr_k^z) مختصات تاور کرین، (S_i^x, S_i^y, S_i^z) مختصات نقاط عرضه می‌باشد.

زمان حرکت قلاب یک پارامتر مهمی در ارزیابی زمان کل انتقال مصالح از طریق تاور کرین است. زمان حرکت قلاب از دو بخش تشکیل شده است: ۱- مسیر عمودی، ۲- مسیر افقی.

اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی



شکل شماره (۲): حرکت قلاب در طول انتقال مصالح



شکل شماره (۳): چارچوب فاصله عمودی قلاب

زمان صرف شده در صفحه افقی خود شامل دو بخش می باشد: ۱- حرکت شعاعی، ۲- حرکت مماسی. زمان مربوط به هر یک از این حرکات از روابط زیر محاسبه می شود. معادله شماره (۴) زمان حرکت واگن برقی در طول جیب تاور کرین را محاسبه می کند که سرعت نشان داده شده در فرمول با نام سرعت شعاعی (V_r^k) استفاده می شود و مقدار آن برابر ۵۳.۳ متر بر دقیقه می باشد. معادله شماره (۵) زمان لازم برای حرکت قطاعی واگن برقی را محاسبه می کند (شکل شماره ۲) که سرعت نشان داده شده در آن سرعت قطاعی (V_ω^k) نام دارد. مقدار این سرعت برابر است با ۷.۵۷ رادیان بر ثانیه می باشد.

$$T_{r(i,j)}^k = \frac{|\rho(D_j, Cr_k) - \rho(S_i, Cr_k)|}{V_r^k} \quad (4)$$

$$T_\omega^k = \frac{1}{V_\omega^k} \arccos \left(\frac{l_{ij}^2 - \rho(D_j^x, Cr_k^x)^2 - \rho(S_i^x, Cr_k^x)^2}{2 \cdot \rho(D_j^x, Cr_k^x) \cdot \rho(S_i^x, Cr_k^x)} \right) \quad 0 \leq \arccos \theta \leq \pi \quad (5)$$

از ترکیب دو معادله (۴) و (۵)، معادله شماره (۶) به دست می آید.

$$T_h^k = \min(T_r^k, T_\omega^k) + \alpha \cdot \min(T_r^k, T_\omega^k) \quad (6)$$



اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی

همان‌طور که قبلاً گفته شد پارامتر پیوسته‌ی آلفا (α) درجه تطابق حرکت قلاب در جهت‌های مماسی و شعاعی را نشان می‌دهد که بستگی به مهارت اپراتور در کنترل قلاب دارد. رابطه (۷) زمان صرف شده در حرکت عمودی را نشان می‌دهد.

$$T_v^k = \frac{(D_j^z - S_i^z)}{V_h^k} \quad (7)$$

در این رابطه V_h^k سرعت حرکت قلاب در صفحه عمودی می‌باشد و مقدار آن ۶۰ متر بر دقیقه می‌باشد. برای محاسبه زمان کل، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$T_{ij}^k = \max(T_h^k, T_v^k) + \beta \cdot \min(T_h^k, T_v^k) \quad (8)$$

برای درک اثر مشکلات آب‌وهوا بر روی عملیات تاورکرین پارامتر عددی دیگری به نام گاما معرفی شده است و برای محاسبه زمان سفر واقعی قلاب استفاده می‌شود. در موقعیت‌های مختلف تاورکرین گاما‌های متفاوتی وجود دارد تا اثرات ویژه آب و هوا را روی کارگاه تعیین کنند بنابراین می‌تواند از یک دهم تا ده متغیر باشد. یک دهم مربوط به شرایطی است که اپراتور تسلط کامل به عملیات دارد و حرکت با سرعت بیشتری انجام می‌شود و ۱۰ مربوط به شرایط آب و هوایی سخت می‌باشد که انتقال مصالح کند می‌باشد. در این مطالعه مقدار این پارامتر را برابر یک در نظر گرفته ایم.

۵-۱- معرفی تابع هدف

تابع هدف معرفی شده در معادله (۹) هزینه و زمان عملیات تاورکرین را کمینه می‌کند:

$$TC = \min \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J T_{ij}^k Q_{ij}^k C \quad (9)$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود تابع هدف از سه بخش تشکیل شده است، T_{ij}^k زمان انتقال مصالح از نقطه i به نقطه j می‌باشد. Q_{ij}^k مقدار مصالح منتقل شده از نقطه i به نقطه j توسط تاورکرین قرار گرفته در محل k می‌باشد. مقدار Q برای مصالح نوع یک، ۱۰، برای مصالح نوع دو، ۲۰، برای مصالح نوع سه، ۳۰ می‌باشد. C هزینه انتقال مصالح توسط تاورکرین است که در اینجا مقدار ۱.۹۲ دلار در دقیقه در نظر گرفته شده است.

۵-۲- محدودیت‌ها

I_k یک متغیر باینری است که اگر تاورکرین به محل k اختصاص داده شود، مقدار آن یک می‌باشد و در غیر اینصورت مقدار آن را صفر در نظر می‌گیریم. معادله شماره (۱۰)، انتخاب یک محل برای تاورکرین را تضمین می‌کند. انتخاب محل از بین مجموعه گزینه‌ها در دسترس برای برای تاورکرین صورت می‌گیرد.

$$\sum_{k \in K} I_k = 1 \quad (10)$$

محدودیت شماره (۱۱) انتخاب تنها یک محل دپو برای هر نوع مصالح مشخص را تضمین می‌کند. برای مثال مصالح نوع یک را در دو نقطه دپو نمی‌کنیم.

$$\sum_{i=1}^I x_{i,j} = 1 \quad \forall j \in \{1, L\} \quad (11)$$

هرنقطه عرضه جایگاه فقط یک نوع مصالح می‌باشد. برای مثال اگر مصالح نوع یک را در نقطه i دپو کرده ایم نمی‌توانیم مصالح نوع دو را نیز در این نقطه دپو کنیم. محدودیت زیر همگن بودن هر نقطه عرضه در ذخیره مصالح را نشان می‌دهد.

$$\sum_{l=1}^L x_{i,l} \leq 1 \quad \forall i \in \{1, I\} \quad (12)$$

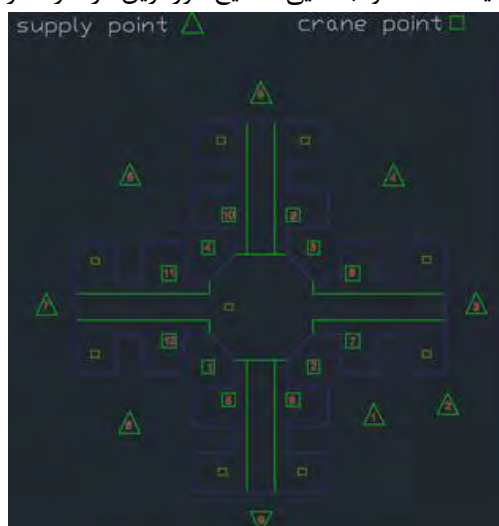
اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی

تمرکز این مطالعه بر روی محل ذخیره مصالح سنگینی چون تیر، ستون و میلگرد می باشد و در مدل از این مصالح استفاده شده است. به علت قرارگیری کارگاه در محیط شهری، فضای ذخیره مصالح محدود است. در این پروژه ذخیره مصالح به صورت همگن انجام شده است و از بین نه محل پیشنهادی برای نقاط عرضه ما تنها می توانیم سه مورد را انتخاب کنیم [۴].

۶- مثال عددی

برای نشان دادن کارایی مدل پیشنهاد شده یک مثال عددی سیستم عرضه و تقاضا با سه نوع مصالح انتخاب شده است که دارای ۹ نقطه عرضه و ۹ نقطه تقاضا و همچنین ۱۲ محل به عنوان کاندیدای محل قرارگیری تاورکین می باشد. مختصات این محل های پیشنهادی در جدول های ۱ تا ۳ نشان داده شده اند.

روابط شماره ۱ تا ۸ و همچنین روابط شماره (۱۰) تا (۱۲) که به عنوان قیدهای مدل می باشند با زبان برنامه نویسی متلب کد نویسی شده اند و نهایتاً با استفاده از الگوریتم ژنتیک این مسئله حل شده است. در شکل شماره (۴) پلان سازه را به همراه محل های عرضه و محل های تاورکین مشاهده می کنید. پلان انتخاب شده برای این مطالعه از نوع هارمونی چهار دندانه ای می باشد. ویژگی مهم این پلان تقارن آن می باشد با توجه به تقارن کامل پلان به نظر می رسد که تفاوت زیادی در محل قرارگیری تاورکین ندارد اما الگوریتم ژنتیک با بررسی ۳۰۰ نسل، نقاط مختلف را با هزینه های متفاوتی پیشنهاد می کند؛ که در تحقیق حاضر نقطه ای که کمترین زمان و هزینه را دارد به عنوان محل بهینه و مناسب برگزیده شده است. وجود جواب های متفاوت در یک پلان کاملاً متقارن، اهمیت مطالعه و جانمایی صحیح تاورکین در کارگاه را اثبات می کند.



شکل شماره (۴): پلان سازه به همراه نقاط عرضه و نقاط پیشنهادی برای تاورکین

جدول (۱): مختصات نقاط عرضه [۴]

Z	Y	X	مختصات نقاط عرضه
2	26	73	S1
2	31	83	S2
1.5	45	87	S3
1.5	67	73	S4
1.5	73	55	S5
0	67	35	S6
0	46	22	S7
1	27	36	S8
1	15	55	S9



اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی

جدول (۲): مختصات نقاط تقاضا [4]

Z	Y	X	مختصات نقاط تقاضا
15	41	34	D1
15	51	34	D2
15	65	51	D3
15	65	60	D4
15	51	76	D5
15	41	76	D6
15	26	60	D7
15	25	51	D8
15	44	43	D9

جدول (۳): مختصات نقاط تاورکرین [4]

Z	Y	X	مختصات نقاط تاورکرین
30	36	45	Cr1
30	36	65	Cr1
30	57	65	Cr1
30	57	45	Cr1
30	33	51	Cr1
30	33	60	Cr1
30	41	70	Cr1
30	52	70	Cr1
30	58	60	Cr1
30	58	51	Cr1
30	52	42	Cr1
30	41	42	Cr1

برای درک بهتر فضای کارگاه سازه به صورت سه بعدی و با استفاده از نرم افزار رویت مدل سازی شده است و در شکل شماره (۵) ارائه شده است.

در این مطالعه هر کروموزم نسل از چهار ژن تشکیل شده است. سه ژن برای نقاط عرضه و یک ژن برای محل تاورکرین که این ها یک جمعیت اولیه از راه حل های تصادفی را خلق می کنند در الگوریتم ژنتیک ارائه شده در این تحقیق نرخ جهش ۰.۰۳ و نرخ آمیزش ۰.۸ می باشد.

Tam و همکاران [۳] با استفاده از الگوریتم ژنتیک برای تاورکرین نقطه ۲ رو پیشنهاد دادند به همراه نقاط ۲، ۳ و ۹ برای نقاط عرضه که هزینه نهایی انتخاب آن ها مقدار ۵۴۰ دلار محاسبه شده است. در تحقیق حاضر و با استفاده از الگوریتم ژنتیک با ۳۰۰ نسل نقطه ۸ برای تاورکرین و نقاط ۱، ۲ و ۳ برای نقاط عرضه انتخاب شد که هزینه نهایی مقدار ۵۱۹ دلار محاسبه شده همان طور که مشاهده می کنید با یک انتخاب بهتر هزینه تملک تاورکرین کاهش می یابد. در شکل (۶) این مقایسه ارائه گردیده است.

اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی



شکل شماره (۵): شبیه سازی سه بعدی سازه مورد نظر با استفاده از نرم افزار رویت

انواع مصالح	نتایج بدست آمده از مقاله Tam تاور شماره ۲	نتایج تحقیق حاضر تاور شماره ۸
۱	عرضه ۳	عرضه ۱
۲	عرضه ۲	عرضه ۲
۳	عرضه ۹	عرضه ۳
هزینه نهایی	دلار ۵۴۰	دلار ۵۱۹

شکل شماره (۶): مقایسه نتایج تحقیق حاضر و نتایج تحقیق Tam

۷- نتیجه گیری

انتخاب محل تاورکرین یک بحث مهم در امر چیدمان کارگاه می باشد و در صورتی که بدون دقت و تصادفی انجام شود هزینه گزافی به پروژه تحمیل می کند. از طرفی استفاده از مدل سه بعدی دید خوبی در جهت تصمیم گیری برای چیدمان تسهیلات کارگاه از جمله تاور کرین می باشد. در این تحقیق با الگو گرفتن از مقاله Tam و همکاران [۴] و با استفاده از الگوریتم ژنتیک یک پلان هارمونی شکل ۴ دندانه ای را مورد بررسی قرار دادیم و به نتایج مطلوبی رسیدیم. در این پژوهش با تغییر محل تاورکرین و نقاط عرضه هزینه ها کاهش پیدا کرد. با این حجم از محاسبات می توان از روش های خطی نظیر الگوریتم MILP نیز استفاده کرد اما با پیچیده تر شدن مسئله روش های خطی دیگر قادر به حل مسئله نیستند و فقط روش های هوش مصنوعی از جمله الگوریتم های فرا ابتکاری مانند ژنتیک می توانند از عهده حل این گونه مسائل برآیند.

تشکر و قدردانی

از تمام کسانی که در این زمینه اینجانب را همراهی کردند کمال تشکر را دارم.



اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی

مراجع

1. Rodriguez-Ramos, W.E. and Francis, R.L. 1983. Single crane location optimization. *Journal of Construction Engineering and Management*, 109(4), pp.387-397.
2. Zhang, P. Harris, F.C. Olomolaiye, P.O. and Holt, G.D. 1999. Location optimization for a group of tower cranes. *Journal of construction engineering and management*, 125(2), pp.115-122.
3. Tam, C.M. Tong, T.K. and Chan, W.K. 2001. Genetic algorithm for optimizing supply locations around tower crane. *Journal of construction engineering and management*, 127(4), pp.315-321.
4. Huang, C. Wong, C.K. and Tam, C.M. 2011. Optimization of tower crane and material supply locations in a high-rise building site by mixed-integer linear programming. *Automation in Construction*, 20(5), pp.571-580.
5. عباسپور، پگاه و احسان اله اشتهازدیان، ۱۳۹۳، مدلی ریاضی برای تعیین محل بهینه تاورکرین و نقاط بارگیری در چیدمان کارگاه، اولین کنفرانس ملی شهرسازی، مدیریت شهری و توسعه پایدار، تهران، موسسه ایرانیان، انجمن معماری ایران
6. Wang, J. Zhang, X. Shou, W. Wang, X. Xu, B. Kim, M.J. and Wu, P. 2015. A BIM-based approach for automated tower crane layout planning. *Automation in Construction*, 59, pp.168-178...
7. Moussavi Nadoushani, Z.S., Hammad, A.W. and Akbarnezhad, A., 2016. Location Optimization of Tower Crane and Allocation of Material Supply Points in a Construction Site Considering Operating and Rental Costs. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(1), p.04016089.
8. Hosseini, M., Beiranvand, P., Dadgar, M. and Olfati, A., 2017. A mathematical model for optimal tower crane layout planning. *Decision Science Letters*, 6(4), pp.377-386.