فصلنامه‌ی علمی و پژوهشی شریف
تابستان ۱۳۸۵، شماره‌ی سی و چهارم، ص. ۱۱۵-۱۲۲

بهینه‌سازی سیستم لوله‌گذاری بین واحدهای مجتمع پتروشیمی

محمدرضا صفائیه (استاد)
آیدین ناصحی (کارشناس ارشد)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف

در مجتمع‌های پتروشیمی، انتقال سیال‌ها یا گازهای مورد نیاز فرایند تولید بین واحدهای مختلف مجتمع با توجه به گوناگونی مواد که در گروه‌های مواد خام اولیه، مواد در مرحله‌ی نیم‌ساخت یا پایان ساخت و نیز مواد کمکی ــ در حالت گازی یا مایع ــ دسته‌بندی می‌شوند، اهمیت ویژه‌یی دارد.

این پژوهش طراحی سیستم بهینه‌ی لوله‌گذاری بین واحدهای مختلف یک مجتمع پتروشیمی در حال احداث را براساس نیازهای عملیاتی تولید در بر می‌گیرد. بر این اساس، ابتدا مدل ریاضی لوله‌گذاری بهینه طراحی شده سپس برای حل مدل، سه روش بهینه‌ی ساده، مکاشفه‌یی و فرا مکاشفه‌یی (ژنتیک) با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

مقدمه

مجتمع‌های پتروشیمی شامل چندین واحد متمایز تولیدی و تبدیلی‌اند که با فعالیت یکپارچه و هماهنگ مجموعه، محصولات نهایی آن برای توزیع داخلی یا صادرات ساخته می‌شوند. در این‌گونه مجتمع‌ها، انتقال سیال‌ها یا گازهای مورد نیاز فرایند تولید بین واحدهای مختلف با توجه به گوناگونی مواد که در گروه‌های مواد خام اولیه، مواد در مرحله‌ی نیمه یا پایان ساخت و نیز مواد کمکی ــ در حالت گازی یا مایع ــ دسته‌بندی می‌شوند، اهمیت ویژه‌یی دارد.[۱و۲]

هدف این پژوهش طراحی و ارائه‌ی سیستم ترتیبی بهینه لوله‌گذاری انتقال مواد در کانال‌های ارتباطی بین واحدهای مختلف مجتمع پتروشیمی با توجه به محل تولید مواد مختلف، واحدهای کاربری و تبدیل مواد، تعداد و قطر لوله‌ها، تنوع مواد در راستای کاهش طول لوله‌ها، هزینه‌های لوله‌گذاری، دست‌یابی به سرعت مناسب انتقال و نیز کاهش خطرات ناشی از تجمیع لوله‌ها در کانال است.

در این زمینه محدودیت‌هایی مانند تنوع قطر لوله‌ها، عدم امکان جاسازی برخی لوله‌ها کنار هم، وجود موانع فیزیکی در کانال، امکان خمش محدود در مسیر انتقال، دمای مواد، وجود شیرهای کنترل متعدد با اندازه‌های مختلف و محدودیت‌های مشابه دیگر داده‌های ورودی اجباری سیستم محسوب شده و در الگوریتم بهینه‌سازی سیستم انتقال و پیاده‌سازی آن منظور می‌شوند.

به‌منظور دست‌یابی به چیدمان نزدیک به بهینه‌ی لوله‌ها در کانال از الگوریتم‌های مکاشفه‌یی و فرا مکاشفه‌یی و نیز مدل‌سازی ریاضی استفاده شده است.

پیش‌فرض‌های کلی

اطلاعات مورد نیاز برای طراحی مدل ریاضی و ارائه‌ی نتیجه‌ی نهایی براساس سیستم یک مجتمع موجود پتروشیمی در کشور برداشت شده است.

- مجتمع دارای واحدهای کلی تولیدی، تبدیلی، انبارش، ورود و خروج مواد است.
- مسیر انتقال مواد و طراحی چیدمان لوله‌ها باید هماهنگ با فرایند تولید باشد.
- ترتیب استقرار واحدها در مجموعه به‌صورت پایانه‌های ورودی، واحدهای تولیدی مواد ساده، انبارهای مواد ساده، واحدهای تولید مواد مرکب، انبارهای مواد مرکب و پایانه‌های خروجی مواد است.
- فشار ورودی و خروجی مواد در لوله‌ها باید به‌عنوان داده در نظر گرفته شود.
- مواد مختلف در مجتمع به سه حالت گاز، بخار و مایع توسط لوله‌ها منتقل می‌شوند.
- به‌منظور کاربری نتیجه‌ی پژوهش در مجتمع‌های پتروشیمی مختلف محاسبات و فرض‌ها به‌صورت پارامتریک انجام می‌شود.
- به‌منظور ساده‌سازی گزارش نتیجه کار، در مدل ریاضی تعداد لوله‌ها ۱۰ عدد فرض شده که پس از تکمیل مدل و دست‌یابی به‌نتیجه‌ی نهایی به هر تعدادی قابل افزایش است.

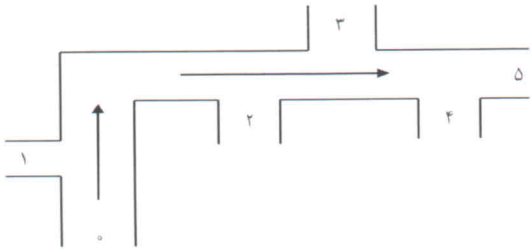
- لوله‌ها در یک ردیف عرضی و یک طبقه در کانال کنار هم و در یک امتداد قرار می‌گیرند.
- مواد مورد انتقال از M۱ تا M۱۰ و محل چیدمان لوله‌ها در کانال L ۱ تا L۱۰ نامیده می‌شوند.
- فشار مواد در ابتدا و انتهای لوله‌ها با پارامترهای P و قطر لوله‌ها با D مشخص می‌شود.

تعریف مسئله

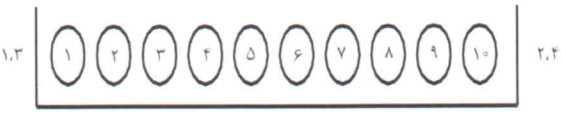
تعریف مسئله‌ی پژوهش شامل یافتن چیدمان نزدیک به بهینه‌ی تعداد N_P لوله در کانال اصلی ارتباط‌دهنده‌ی بخش‌های یک مجتمع پتروشیمی دارای N_L موقعیت برای عبور لوله‌ها است. کانال مورد نظر دارای یک نقطه شروع، یک نقطه پایان و N_J تقاطع است که در هر کدام از این تقاطع‌ها لوله‌هایی از کانال خارج شده و یا به آن وارد می‌شوند. ورود یا خروج لوله‌ها می‌تواند به‌صورت تداخل نیز باشد. بهینه‌سازی به‌منظور کمینه‌سازی تداخل‌ها، سهولت ساخت تکیه‌گاه لوله‌ها و یا کمینه‌کردن وزن لوله‌ی مصرفی انجام می‌شود. تداخل به‌معنی لزوم عبور دو لوله در مسیرهای عمود بر هم است که در صورت عدم تغییر ارتفاع با یکدیگر برخورد می‌کنند. تغییر ارتفاع ایجاد لوله‌ها موجب افزایش هزینه‌ی لازم و پیچیدگی چیدمان لوله‌ها خواهد بود. از آنجا که کاهش پیچیدگی یکی از اهداف اصلی بهینه‌سازی است، کمینه‌کردن تعداد تداخل‌ها اهمیت ویژه‌یی دارد. فاصله‌ی تکیه‌گاه‌های لوله‌ها با توجه به قطر آن‌ها تعیین می‌شود. با ازدیاد قطر لوله، توانایی ایستایی آن افزایش یافته و در نتیجه فاصله‌ی تکیه‌گاه‌ها نیز افزایش می‌یابد. در صورت چیدمان لوله‌ها با قطرهای متفاوت در مجاورت هم، تعداد تکیه‌گاه‌ها نیز افزایش یافته و باعث ایجاد هزینه‌ی بالاتری می‌شود. چنانچه لوله‌های هم اندازه حتی‌المقدور کنار هم قرار گیرند، تعداد تکیه‌گاه‌ها کاهش یافته و در نتیجه موجبات تقلیل هزینه فراهم می‌شود. از این رو، استقرار لوله‌های هم‌اندازه مجاور یکدیگر عامل دیگری در جهت بهینه‌سازی است. با توجه به هدف نزدیک به بهینه‌ی پژوهش، عوامل تداخل و شیوه‌ی چیدمان لوله‌ها در کانال نیز باید در مدل ریاضی منظور شوند.

مدل ریاضی مسئله

به‌منظور طراحی مدل ریاضی این کانال ارتباطی تقاطع‌های آن از نقطه شروع تا نقطه پایان به‌صورت صعودی شماره‌گذاری می‌شوند. برای نقطه شروع عدد صفر و برای نقطه پایان عدد N_J+1 در نظر گرفته شده و بدین ترتیب نقاط اتصال لوله‌ها شماره‌گذاری می‌شوند. نمادی از این شماره‌گذاری برای یک مسئله نمونه در شکل ۱ مشهود است.



شکل ۱. شماره‌گذاری نقطه شروع، نقطه پایان و تقاطع‌های کانال.



شکل ۲. جانمایی لوله‌ها در کانال.

مرحله بعدی ایجاد مدل، تهیه جدولی است که در آن مواد انتقالی، لوله‌های انتقال دهنده به‌همراه قطر آن‌ها و تقاطع‌های ارتباطی مشخص شده است. در جدول ۱ لوله‌هایی که از نقطه شروع کشیده می‌شوند با تقاطع صفر و آنهاکه به نقطه پایان ختم می‌شوند با تقاطع N_J+1 ارتباط دارند مشخص شده است. در مرحله‌ی بعد با فرض ثابت بودن تعداد موقعیت‌های لوله‌ها در طول کانال، از نقطه‌ی شروع، شماره‌گذاری موقعیت ها به‌ترتیب صعودی از چپ به راست انجام شده است (شکل ۲).

در این شماره‌گذاری که از نقطه‌ی شروع آغاز می‌شود، و در حالی که موقعیت ناظر در نقطه‌ی شروع و رو به نقطه‌ی پایان در نظر گرفته شود، تقاطع‌هایی که در طرف چپ کانال قرار دارند (در مثال ۱ و ۳) «تقاطع چپ‌گرد»، و آنها که در طرف راست کانال قرار دارند (۲ و۴) «تقاطع راست‌گرد» نامیده می‌شوند. برای حل مسئله لازم است با تکیه بر عوامل بهینه‌سازی، ملاکی کمی برای مقایسه‌ی چیدمان‌های مختلف

جدول ۱. نمونه فرضی مواد، لوله‌ها و ورود و خروج لوله‌ها درکانال.

ردیف	نام ماده	قطر لوله(D)	کانال‌های ارتباطی
۱	$M_{۰۱}$	۴اینچ	۰،۳
۲	$M_{۰۲}$	۴اینچ	۲،۳،۴
۳	$M_{۰۳}$	۶اینچ	۰،۵
۴	$M_{۰۴}$	۶اینچ	۱،۳
۵	$M_{۰۵}$	۸اینچ	۲،۴،۵
۶	$M_{۰۶}$	۶اینچ	۱،۳،۴
۷	$M_{۰۷}$	۸اینچ	۱،۴،۵
۸	$M_{۰۸}$	۸اینچ	۰،۲،۳،۵
۹	$M_{۰۹}$	۱۰اینچ	۰،۳،۵
۱۰	$M_{۱۰}$	۱۰اینچ	۱،۲،۴

و تعیین میزان بهینگی آنها تعریف شود. این معیار که «تابع جریمه» نامیده شده از دو معیار متفاوت به وجود می‌آید:

تداخل لوله‌ها

براساس تعریف مسئله اگر لازم باشد لوله‌یی برای رسیدن به مقصد از رو و یا زیر لوله دیگری عبورکند یک تداخل به وجود می‌آید. با در نظر داشتن هدف اولیه که کمینه‌کردن این تداخل‌ها است، باید تابع جریمه به‌نحوی تعریف شود که مقدار آن با هر تداخل افزایش یابد.

کنار هم قرارگرفتن لوله‌های هم‌اندازه

همان‌طور که در تعریف مسئله ذکر شد قرارگرفتن لوله‌های هم اندازه درکنار هم، تعبیه‌ی تکیه‌گاه‌ها را برای لوله‌ها ساده‌تر می‌سازد و بنابراین هرگاه دو لوله‌ی همسایه هم اندازه نباشند، مقداری به‌عنوان «جریمه‌ی تغییر اندازه» به تابع جریمه افزوده می‌شود.
برای یافتن حل بهینه‌ی مسئله «تابع جریمه» کمینه تعریف می‌شود.

$$Min\ PF \qquad (۱)$$

با فرض:

N_C = Number of collisions

f_C = Factor of importance for collisions

N_E = Sum of size changes

f_E = Factor of importance for equity of sizes

$$PF = N_C f_C + N_E f_E \qquad (۲)$$

برای محاسبه تعداد تداخل‌ها و همچنین تغییر اندازه‌ها، متغیر X به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

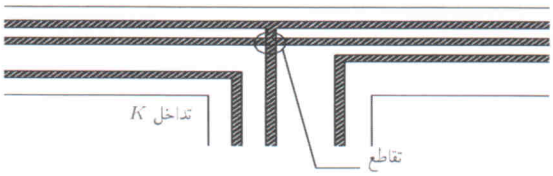
$$X_{mn} = \begin{cases} ۱ & \text{if pipe } M_m \text{ is assigned to location } L_n \\ ۰ & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\sum_{i=۱}^{N_P} X_{ij} \le ۱ | \forall j = ۱, ..., N_L$$

$$\sum_{j=۱}^{N_L} X_{ij} = ۱ | \forall i = ۱, ..., N_P$$

$$X_{ij} = ۰, ۱ | \forall i = ۱, ..., N_P \wedge \forall j = ۱, ..., N_L \qquad (۳)$$

در این مرحله لازم است برای محاسبه‌ی مقادیر N_E و N_C، بافرض وجود، تخصیص الگوریتم‌هایی ارائه شوند. برای محاسبه مقدار N_E با



شکل ۳. تداخل در تقاطع K.

استفاده از روابط ۲ و ۳ روش زیر به‌کار برده می‌شود.

$S_{n,p}$ = Size difference between locations L_n and L_p

$$S_{n,p} = \sum_{i=۱}^{N_P} \sum_{j=۱}^{N_P} X_{in} X_{jp} |D_i - D_j|$$

$$N_E = \sum_{k=۱}^{N_L - ۱} S_{k,k+۱} =$$

$$\sum_{k=۱}^{N_L - ۱} \sum_{i=۱}^{N_P} \sum_{j=۱}^{N_P} X_{ik} X_{jk+۱} |D_i - D_j| \qquad (۴)$$

در روابط ۴ علاوه بر ثبت تغییر اندازه‌ها، مقادیر تغییر اندازه نیز در نظرگرفته شده که با کمینه شدن این مقادیر، حداقل تنوع در قرارگرفتن لوله‌ها حاصل می‌شود. در ادامه لازم است روشی برای محاسبه‌ی N_C ارائه شود. برای تعیین این مقدار کلیه حالت‌های مختلف تداخل در نظرگرفته می‌شود. در خروجی راست‌گرد K برای لوله‌ی M واقع در موقعیت Nهنگامی تداخل اتفاق می‌افتد که لوله‌ی دیگری در سمت راست آن وجود داشته باشد. نمادی از این تداخل در شکل ۳ مشخص شده است. با توجه به مطالب فوق برای محاسبه‌ی تداخل‌ها در تقاطع راست گرد t تعاریف زیر به‌کارگرفته می‌شود.

$$R_{mk} = \begin{cases} ۱ & \text{if pipe m is connected to route t} \\ ۰ & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$B_m = Min(k) | R_{mk} = ۱ \text{ Beginning of pipe m}$$

$$BB_{mt} = \begin{cases} ۱ & \text{if } B_m < t \\ & \text{if pipe m begins before junction t} \\ ۰ & \text{if} B_m \ge t \end{cases}$$

$$E_m = Max(k) | R_{mk} = ۱ \text{End of pipe m}$$

$$EA_{mt} = \begin{cases} ۱ & E_m > t \\ & \text{if pipe m ends after junction t} \\ ۰ & if E_m \le t \end{cases} \qquad (۵)$$

بدین‌ترتیب در تقاطع راست‌گرد t با توجه به روابط ۳ و ۵، محاسبات زیر تعداد تداخل‌ها را مشخص می‌کند:

$TCR_{t,m}$ = Total collisions on right for junction t in location m

$$TCR_{t,m} = \sum_{n=m+1}^{N_L} \sum_{i=1}^{N_P} \sum_{j=1}^{N_P} X_{im} X_{jn} R_{it} BB_{jt} EA_{jt}$$

$GTCR_t$ = Grand total of collisions on right for junction t

$$GTCR_t = \sum_{m=1}^{N_L-1} \sum_{n=m+1}^{N_L} \sum_{i=1}^{N_P} \sum_{j=1}^{N_P} X_{im} X_{jn} R_{it} BB_{jt} EA_{jt} \quad (۶)$$

به‌همین ترتیب در تقاطع چپ‌گرد t با توجه به روابط ۳ و ۵، محاسبات مشابه تعداد تداخل‌ها را مشخص می‌کند:

$GTCL_t$ = Grand total of collisions on left for junction t

$$GTCL_t = \sum_{m=2}^{N_L} \sum_{n=1}^{m} \sum_{i=1}^{N_P} \sum_{j=1}^{N_P} X_{im} X_{jn} R_{it} BB_{jt} EA_{jt} \quad (۷)$$

حال مقدار N_C تعریف می‌شود:

$$TD_t = \begin{cases} 1 & \text{if junction t is a turn to right} \\ 0 & \text{if junction t is a turn to left} \end{cases} \quad (۸)$$

با استفاده از روابط ۶ و ۷ و ۸ تعداد کل تداخل‌ها به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$N_C = \sum_{t=1}^{N_j} [TD_t \times GTCR_t + (1 - TD_t) \times GTCL_t] \quad (۹)$$

با استفاده از روابط ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۹ ساده‌سازی مدل ریاضی، روابط نهایی حاصل می‌شود.

$$\text{Min}\Big(\sum_{k=1}^{N_L-1} \sum_{i=1}^{N_P} \sum_{j=1}^{N_P} X_{ik} X_{jk+1} |D_i - D_j| \Big) f_E +$$

$$\left\{ \sum_{t=1}^{N_j} \begin{bmatrix} TD_t \sum_{m=1}^{N_L-1} \sum_{n=m+1}^{N_L} \sum_{i=1}^{N_P} \sum_{j=1}^{N_P} X_{im} X_{jn} R_{it} \\ BB_{jt} EA_{jt} + \\ (1 - TD_t) \sum_{m=2}^{N_L} \sum_{n=1}^{m} \sum_{i=1}^{N_P} \sum_{j=1}^{N_P} X_{im} X_{jn} R_{it} \\ BB_{jt} EA_{jt} \end{bmatrix} \right\} f_c$$

$$S.T. : \sum_{i=1}^{N_P} X_{im} \leq 1 | \forall m = 1, .., N_L$$

$$\sum_{m=1}^{N_L} X_{im} = 1 | \forall i = 1, ..., N_P$$

$$X_{im} = 0, 1 | \forall i = 1, ..., N_P \wedge \forall m = 1, ..., N_L \quad (۱۰)$$

روش‌های پیشنهادی برای حل مسئله

روش بهینه‌ی انشعاب و تحدید

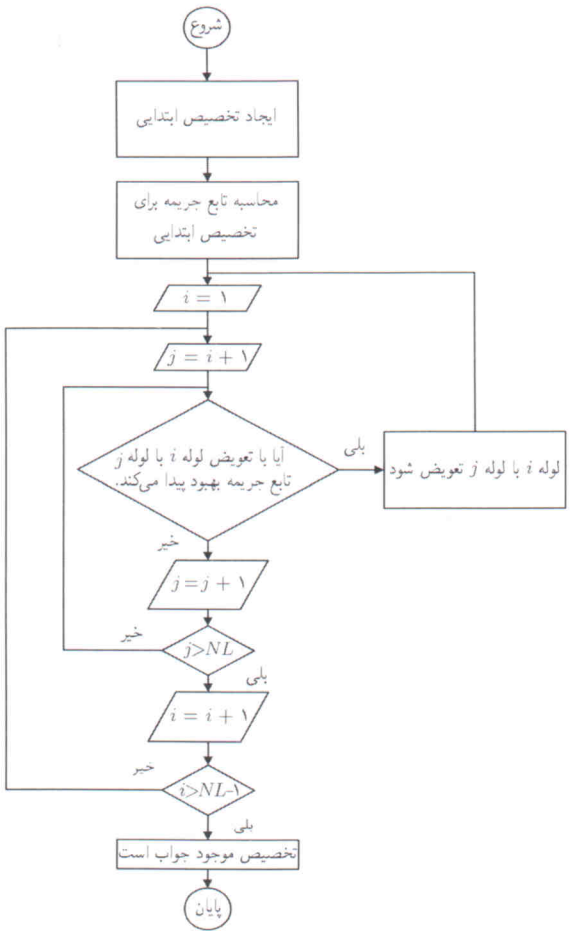
مدل ریاضی تهیه شده از نوع برنامه‌ریزی درجه دو با متغیرهای صفر و یک بوده و حل آن با ابزارهای برنامه‌ریزی غیرخطی مانند Lingo امکان پذیر است. این ابزارها از روش انشعاب و تحدید برای حل مسائل تخصیص استفاده کنند. از آنجا که تابع هدف از نوع درجه دوم و مسئله از نوع برنامه‌ریزی کاملاً غیرخطی است، حل‌پذیری آن برای مدل‌های بزرگ غیر قابل پیش‌بینی است.[۳] با توجه به احتمال زمان‌بری بالای حل مدل ریاضی با این روش، دو روش دیگر «مکاشفه‌یی» و «فرا مکاشفه‌یی» مورد بررسی قرار می‌گیرند.

روش مکاشفه‌یی، Greedy۲-Opt

با کاربری این روش ابتدا یک تخصیص ممکن از لوله‌ها پیدا شده و تابع جریمه‌ی مربوط به آن محاسبه می‌شود. پس از محاسبه‌ی PF اولیه، الگوریتم بهبود شروع به‌کار کرده و با تعویض دو به دو لوله‌ها کوشش در بهبود جانمایی با کاهش PF می‌شود.[۴] این الگوریتم به‌علت آنکه توسط جابه‌جایی، بهبودی را انجام می‌دهد «الگوریتم حریص دو به دو» نامیده می‌شود. هنگامی که با جابه‌جایی هیچ دو لوله‌یی بهبود حاصل نشود، الگوریتم خاتمه یافته و جانمایی حاصل به‌عنوان بهترین جانمایی ارائه می‌شود. پیچیدگی این الگوریتم از لحاظ تئوری $O(N^2)$ است ولی در عمل برای مسائل واقعی بهتر عمل می‌کند.[۵]

مراحل انجام الگوریتم به‌صورت فلوچارت در شکل ۴ آمده است.

پس از اجرای الگوریتم، جانمایی بهینه در آرایه‌ی Pipe_in_location وجود خواهد داشت. با اجرای برنامه PT۲۰ با داده‌های انتخاب شده



شکل ۴. الگوریتم مکاشفه‌یی با جابه‌جایی دو به دو.

نتایج زیر حاصل می‌شود:

Initial assignment is:۱۲۳۴۵۶۷۸۹۱۰

Initial Penalty function is:۶۳/۰۰

Exchanging pipes ۲and۴Reduced PF to۶۲۰۰

Exchanging pipes۴and۶Reduced PF to۶۰۰۰۰

Exchanging pipes۳and۴Reduced PF to۵۹۰۰

Exchanging pipes۵and۶Reduced PF to۵۵۰۰

Exchanging pipes۵and۸Reduced PF to۵۳۰۰

Exchanging pipes۴ and۹Reduced PF to۵۲۰۰

Exchanging pipes۶and۷Reduced PF to۵۱۰۰

Exchanging pipes۷and۹Reduced PF to۴۸۰۰

Final Assignment is :۱۴۶۹۸۷۳۲۵۱۰

Final Penalty function is:۴۸/۰۰

Pipe Diameters :۴۶۶۱۰۸۸۶۴۸۱۰

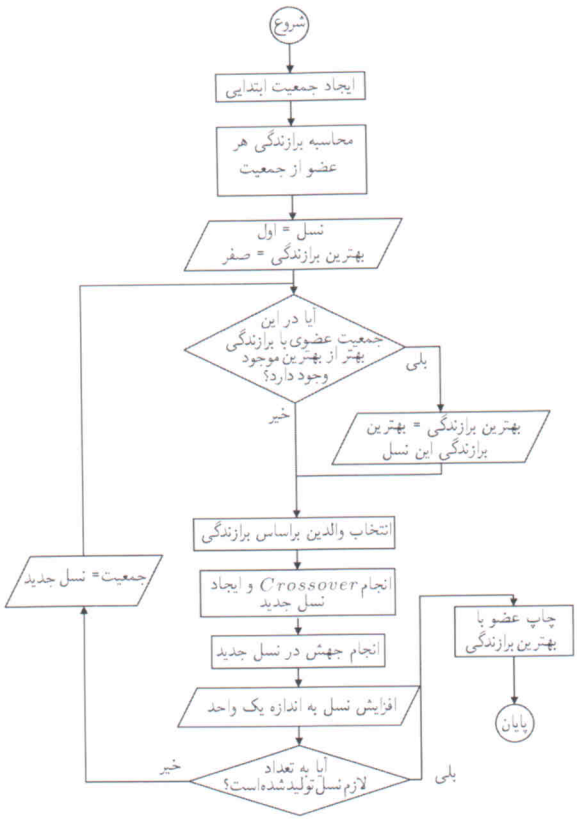
روش فرا مکاشفه‌یی، الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک، روش جدیدتر برای حل مسائل عدد صحیح و صفر و یک است.[۶] برای حل مسئله‌ی لوله‌گذاری با استفاده از الگوریتم ژنتیک لازم است ابتدا فرم کروموزوم‌ها را مشخص کنیم.[۷و۸] برای حل مسئله‌ی حاضر با فرضیات موجود، کروموزوم‌ها مطابق شکل ۵ به‌عنوان یک راه حل مسئله در نظر گرفته می‌شود، و برای مثال کروموزوم ۸ نشانگر آن است که لوله‌ی شماره ۸ در منتهی‌الیه چپ کانال قرار گرفته و در کنار آن لوله‌های ۶ و ۵ و ۹ و ۱۰ و ۲ و ۱ و ۷ و ۳ و ۴ به‌ترتیب قرار دارند. شکل ۶ فلوچارت الگوریتم این روش را نشان می‌دهد. در این الگوریتم جمعیتی از کروموزوم‌ها به‌صورت تصادفی ایجاد می‌شود. در هر مرحله برازندگی هر کدام از افراد جمعیت محاسبه می‌شود. سپس نسبت برازندگی هر فرد به مجموع برازندگی کل نسل به‌عنوان احتمال انتخاب آن فرد برای حضور به‌عنوان یکی از والدین نسل بعد به کار می‌رود. برای انجام این انتخاب مطابق شکل ۷ ابتدا برازندگی هر عضو محاسبه، و سپس نسبت آن به مجموع کل برازندگی نسل محاسبه می‌شود. اعضا سپس پشت سر هم مرتب شده و برای هر کدام برازندگی نسبی تجمعی محاسبه می‌شود. با انتخاب یک عدد تصادفی بین صفر و یک می‌توان براساس این برازندگی نسبی تجمعی انتخاب را با احتمال برازندگی نسبی هر فرد انجام داد. قابل توجه است که یک فرد ممکن است بیش از یک بار انتخاب شود و با توجه به این که احتمال انتخاب بیش از یک بار افراد با برازندگی بالا بیشتر است، به بهبود نسل بعد کمک می‌کند.

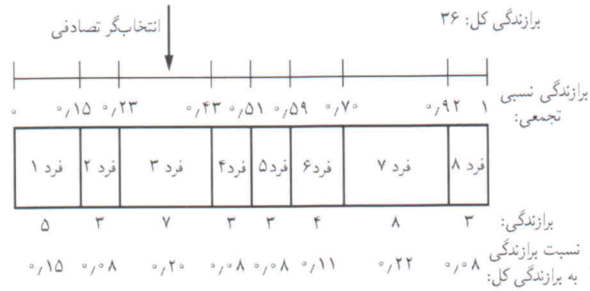
پس از انتخاب مجموعه والدین، عمل تبادل برای ایجاد فرزندان بین هر دو فرد انجام می‌شود. به‌منظور انجام عمل تبادل از روش GMX

شماره لوله در موقعیت ۱	شماره لوله در موقعیت ۲	شماره لوله در موقعیت ۳	شماره لوله در موقعیت ۴	شماره لوله در موقعیت ۵	شماره لوله در موقعیت ۶	شماره لوله در موقعیت ۷	شماره لوله در موقعیت ۸	شماره لوله در موقعیت ۹	شماره لوله در موقعیت ۱۰
۴	۳	۷	۱	۲	۱۰	۹	۵	۶	۸

شکل ۵. ترکیب کروموزوم‌ها.



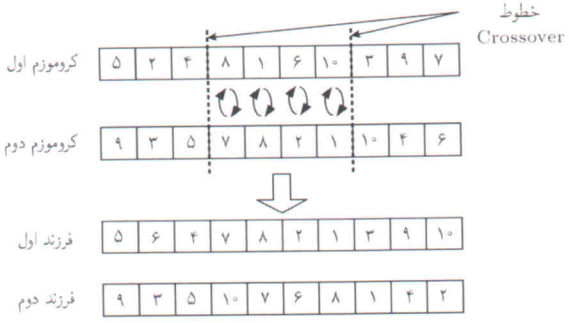
شکل ۶. الگوریتم ژنتیک.



شکل ۷. نحوه‌ی انجام انتخاب براساس برازندگی.

استفاده شده است. نحوه‌ی انجام این عمل در شکل ۸ قابل مشاهده است. در این روش دو عدد تصادفی صحیح به‌عنوان خطوط تبادل ایجاد می‌شوند. کروموزوم والدین برای فرزندان تکثیر شده و سپس با توجه به ژن‌های واقع شده بین خطوط تبادل در والدین ژن فرزندان تغییر می‌یابد. به این معنی که اگر ژن اول بعد از خط تبادل در یکی از والدین i و در دیگری j باشد، در فرزندان کلیه ژن‌های i و j باهم تعویض می‌شوند. به همین ترتیب عمل تبادل برای تمام والدین انجام می‌شود تا جمعیت فرزندان ایجاد شود.

پس از انجام عمل تبادل، نوبت به عمل جهش می‌رسد. جهش که مطابق مسئله‌ی TSPانجام خواهد شد[۹] با انتخاب تصادفی ژن با احتمال خاص (موسوم به «ضریب جهش») از بین کلیه ژن‌های موجود



شکل ۸. نحوه‌ی انجام عمل تبادل.

در کل کروموزوم‌های نسل فرزندان آغاز می‌شود. هرگاه ژنی انتخاب شد، یک عدد تصادفی به‌عنوان جایگزین مقدار آن ژن ایجاد می‌شود. با جایگزینی مقدار تولید شده با مقدار اولیه‌ی ژن در کل کروموزوم عمل جهش پایان می‌یابد. شکل ۹ یک نمونه از این جهش را نشان می‌دهد.

با توجه به این فرضیات و در نظر گرفتن جمعیت اولیه‌یی معادل ۱۰۰ عضو و ضریب جهش ۰٫۰۵، برنامه‌ی لازم تهیه می‌شود. لازم به ذکر است که تابع برازندگی در این الگوریتم به‌صورت معکوس تابع جریمه مدل ریاضی تعریف می‌شود. پس از گذشت سه هزار نسل جواب زیر به‌دست می‌آید:

Best answer until generation ۱ is

۴۷۸۶۱۳۹۱۰۵۲ Penalty = ۵۳/۰۰

Best answer until generation ۸ is

۴۶۸۷۳۱۲۹۱۰۵ Penalty = ۵۱/۰۰

Best answer until generation ۴۴ is

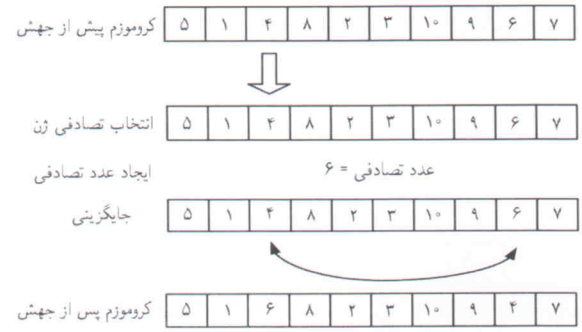
۴۱۶۳۸۷۹۵۱۰۲ Penalty = ۵۰/۰۰۰

Best answer until generation ۲۶۶ is

۱۴۶۷۸۹۱۰۵۳۲ Penalty = ۴۷/۰۰

Best answer until generation ۲۷۷ is

۴۱۶۳۸۷۹۱۰۵۲ Penalty = ۴۶/۰۰



شکل ۹. نحوه‌ی انجام عمل جهش.

در مورد پیچیدگی الگوریتم ژنتیک بحث زیادی وجود دارد. به نظر می‌رسد حد بالای پیچیدگی الگوریتم ژنتیک معادل پیچیدگی مسئله‌ی اصلی باشد، اما پژوهش‌های عملی نشان می‌دهد که در موارد عملی این الگوریتم سریع‌تر به جواب می‌رسد.[۱۰]

تکمیل کاربری الگوریتم‌ها

با تجزیه و تحلیل عملکرد روش‌های مطرح شده مشخص می‌شود که روش مکاشفه‌یی با سرعت به نقاط گوشه‌یی محلی در تابع هدف دسترسی می‌یابد، ولی کاربری این روش به‌تنهایی فاقد اطمینان کافی برای دسترسی به جواب بهینه است. با تعیین نقاط گوشه‌یی به‌صورت محلی، احتمال فاصله از جواب بهینه وجود دارد. در الگوریتم فرامکاشفه‌یی سرعت دسترسی به جواب‌های مناسب غیرقابل پیش‌بینی بوده ولی امکان محلی بودن جواب‌ها وجود ندارد. حال با استفاده‌ی توأم از دو الگوریتم «مکاشفه‌یی» و «فرامکاشفه‌یی» می‌توان روش مناسب‌تری برای حل بهینه‌ی مسئله در زمان کمتر با اطمینان مورد قبول فراهم آورد. در این راستا می‌توان نتیجه‌ی بهینه‌سازی الگوریتم فرامکاشفه‌یی را به‌عنوان چیدمان اولیه الگوریتم مکاشفه‌یی در نظر گرفت، سپس نتیجه‌ی حاصله از این الگوریتم را به‌عنوان نیمی از جمعیت اولیه‌ی الگوریتم فرا مکاشفه‌یی تعریف کرده و بقیه‌ی اعضا این جمعیت را به‌صورت تصادفی ایجاد کرد.[۱۱] در ادامه‌ی کار، این فرایند را تا رسیدن به جواب ادامه داده و بهترین نتیجه را به‌عنوان جواب نزدیک به بهینه‌ی مسئله کسب می‌کنند. به‌کارگیری این الگوریتم ترکیبی[1] مستلزم پژوهش بیشتر بوده و پیچیدگی خاص خود را دارد.

نتیجه‌گیری

- با توجه به تشابه مجتمع‌های پتروشیمی و این که در حال حاضر از روش‌های علمی برای جانمایی لوله‌های موجود بین واحدهای تولیدی استفاده نشده و این جانمایی به‌صورت تجربی صورت می‌گیرد، کاربری روش‌های فوق برای بهینه‌سازی چیدمان لوله‌های ارتباطی بین واحدها، کارایی مجتمع‌ها را چه در زمان ساخت و چه در زمان بهره‌برداری افزایش می‌دهد.
- چیدمان بهینه‌ی لوله‌ها نیازمند پاسخ‌گویی به مسئله‌ی تخصیص درجه دوم بوده و حل آن با استفاده از روش انشعاب و تحدید پیچیدگی زیادی دارد و با توجه به اینکه مسئله از نوع برنامه‌ریزی کاملاً غیرخطی است حد زمانی فوقانی برای آن قابل تعریف نیست.
- با استفاده از الگوریتم مکاشفه‌یی و فرامکاشفه‌یی ژنتیک به‌طور توأم، چیدمان‌های مختلف در معرض آزمایش قرارگرفته و احتمال محلی بودن جواب از بین می‌رود.
- با استفاده‌ی توأم از دو الگوریتم مکاشفه‌یی و فرامکاشفه‌یی می‌توان در زمان محدود به جواب‌های مناسب برای چیدمان لوله‌ها دست یافته و در حد نزدیک به بهینه بهترین را انتخاب کرد.
- با بررسی جواب‌های مختلف و انتخاب مناسب چیدمان لوله‌ها در مجتمع، سیستم لوله‌گذاری بهینه شده و از اتلاف مصالح (با کمینه‌شدن تعداد تقاطع‌ها) جلوگیری می‌شود. پیچیدگی احداث لوله‌ها نیز با حداقل شدن تغییرات قطر در لوله‌های مجاور کاهش می‌یابد.

پانوشت

1. combinatorial

منابع

1. Georgiads M. C. et al. , A general mathematical programming approach for process plant layout, Computers and chemical engineering, **23**, Issue 7, pp. 823-840 (1999).
2. Yamada Y. and Teraoka Y., An optimal design of piping route in a CAD system for power plant, Computers and mathematics with applications, **35**, Issue 6, pp. 137-149 (1998).
3. Sahni, S. and Teogilo, G., "P-complete approximation problems," Journal Assoc. Computing Machinery, **23** (3) , pp. 555-565 (1976).
4. Shenmaier V. V., A greedy algorithm for maximizing a linear objective function, Discrete applied mathematics, **135**, Issues 1-3, pp. 267-279 (2004).
5. D. S. Johnson, J. L. Bentley, L. A. McGeoch, AND E. E. Rothberg, "Near-optimal solutions to very large traveling salesman problems," in preparation.
6. Balakrishnan J., Cheng C. H., A hybrid genetic algorithm for the dynamic plant layout problem, *International journal of production economics*, **86**, Issue 3, pp. 107-120 (2003).
7. Davis L., Handbook of genetic algorithms, Van Nostrand Reinhold, New York (1992).

8. Dowsland, K.A., Genetic algorithms - a tool for OR?, *Journal of operational research society*,**47**, Issue 4, pp. 550-561 (2001).

9. Chatterjee S et al, Genetic algorithms and traveling salesman problems, *European journal of operational research*,**93**, Issue 3, pp. 490-510 (1996).

10. Rylander B, Computational Complexity and the Genetic Algorithm, PhD Thesis, University of Idaho, June 7th, 2001 under supervision of *Prof. J. A. Foster* (available online at : http://upibm9.egr.up.edu /contrib /rylander /thesis /thesis-app.pdf).

11. Ahuja R. K. et al., A greedy genetic algorithm for the quadratic assignment problem Computers and operations research, **27**, Issue 10, pp. 917-934 (2000).