دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی صنایع و سیستمها

مسأله چندهدفه چیدمان دینامیک تسهیلات

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع

سعید امامی

استاد راهنما

دکتر علی شاهنده

۱۳۸۶

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی صنایع و سیستمها

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع آقای سعید امامی

تحت عنوان

مسأله چندهدفه چیدمان دینامیک تسهیلات

در تاریخ ۱۳۸۶/۱۲/۲۲ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	**دکتر علی شاهنده**
۲- استاد مشاور پایان‌نامه	**دکتر سیدرضا حجازی**
۳- استاد داور	**دکتر ناصر ملاوردی**
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	**دکتر مهدی بیجاری**

تشکر و قدردانی

سُبْحانَکَ لاعِلْمَ لَنا اِلّا ما عَلَّمْتَنا اِنَّکَ اَنْتَ الْعَلیمَ الْحَکیمَ

پروردگارا تو پاک و منزهی، ما چیزی جز آنچه تو خود به ما آموخته‌ای نمی‌دانیم، به درستی که توئی دانا و حکیم.
«سوره بقره آیه ۳۲»

سپاس و ستایش کردگار یکتائی که ذات بیکرانش آکنده از علم و دانش است. خداوند بزرگ را شاکرم که بنده حقیر را در تمامی مراحل زندگی، مورد عنایات و الطاف خود قرار داده است.

بر خود واجب می‌دانم که در این فرصت، از زحمات و حمایت‌های بی‌دریغ خانواده عزیزم در طی این مسیر، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر شاهنده که با راهنمائی‌های سازنده و راهگشای خود، کمک شایانی به بنده در پیشبرد تحقیق حاضر نموده‌اند، بسیار سپاسگزارم.

مراتب سپاس خود را از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر حجازی که در موارد لازم از راهنمائی‌های ارزنده ایشان بهره‌مند بوده‌ام، ابراز می‌دارم.

از استاد محترم جناب آقای دکتر ملاوردی که با پیشنهادات اصلاحی و سازنده خود کمک شایانی به بهتر شدن تحقیق حاضر نموده‌اند، بسیار سپاسگزارم.

از استاد گرامی، جناب آقای دکتر بیجاری ریاست محترم تحصیلات تکمیلی دانشکده مهندسی صنایع، بخاطر همه زحماتی که در این دوره متحمل شده‌اند، کمال تشکر و امتنان را دارم.

در نهایت از تمامی دوستان عزیزی که لحظات زیستن و آموختن در کنارشان، به زیباترین خاطرات برای من بدل گشته و همواره بنده را مورد محبت و لطف خود قرار داده‌اند، بسیار سپاسگزارم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به

خانواده عزیزم، به ویژه **پدر و مادر** مهربانم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

فهرست اشکال ..... یازده

فهرست جداول ..... سیزده

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱- موضوع تحقیق ۲

۱-۲- اهمیت موضوع و اهداف آن ٤

۱-۳- روش و ساختار تحقیق حاضر ٥

فصل دوم: کلیات و مفاهیم

۲-۱- مسأله چیدمان تسهیلات ٦

۲-۲- فاکتورهای اثرگذار بر روی چیدمان تسهیلات ۸

۲-۳- دسته‌بندی مسأله چیدمان تسهیلات ۱۰

۲-٤- مسأله چیدمان ایستای تسهیلات ۱۲

۲-۴-۱. روش‌های مورد استفاده برای حل مسأله چیدمان تسهیلات ۱۲

مسأله تخصیص درجه دوم ۱٤

۲-۴-۲- اشکالات مسأله چیدمان ایستای تسهیلات ۱۷

۲-٥- مسأله چیدمان دینامیک تسهیلات ۱۷

۲-٥-۱- روش‌های حل مسأله چیدمان دینامیک تسهیلات ۲۱

۲-٦- بهینه‌سازی چندهدفه ۲۲

۲-۷- دو رویه برای بهینه‌سازی چندهدفه ۲۳

۲-۸- مسأله بهینه‌سازی چندهدفه ۲٦

۲-۹- اصول بهینه‌سازی چندهدفه ۲۷

۲-۹-۱- مفهوم چیرگی ۲۷

۲-۹-۲- خواص رابطه چیرگی ۲۹

۲-۹-۳- بهینگی پارتو ۲۹

۲-۹-٤- چیرگی قوی و ضعیف ۳۰
۲-۱۰- اهداف مورد نظر در بهینه‌سازی چندهدفه ۳۱
۲-۱۱- انتخاب جواب برتر از مجموعه ناچیره ۳۲
۲-۱۱-۱- تصمیم‌گیری چندشاخصه ۳۲
۲-۱۱-۲- تئوری و نظریه مجموعه فازی ۳۵
فصل سوم: مرور ادبیات موضوع
۳-۱- مطالعات انجام شده برای مسأله چیدمان دینامیک تسهیلات ۳۸
۳-۲- الگوریتم‌های دقیق ۳۹
۳-۳- روش‌های ابتکاری ٤۰
۳-۳-۱- روش ابتکاری تعویض جفتی ٤۰
۳-۳-۲- الگوریتم ژنتیک ٤۳
۳-۳-۳- الگوریتم جستجوی ممنوع ۵۰
۳-۳-۴- الگوریتم آنلینگ شبیه‌سازی شده ۵۱
۳-۳-۵- الگوریتم خانه مورچگان ۵٤
۳-۳-۶- سایر روش‌های ابتکاری ۵۵
۳-۴- روشهای بهینه‌سازی چندهدفه ارائه شده در ادبیات موضوع ۵٦
۳-٤-۱- روش‌های کلاسیک ۵٦
۳-٤-۲- روش‌های فرا ابتکاری ۵۷
الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه ۵۸
الگوریتم‌های جستجوی محلی چندهدفه ۵۹
فصل چهارم: بیان و مدلسازی مسأله چندهدفه چیدمان دینامیک تسهیلات
٤-۱- مقدمه ٦۱
٤-۲- بیان و مدلسازی ریاضی مسأله ٦۳
٤-۳- فرضیات مسأله ٦٦
فصل پنجم: متدولوژی
۵-۱- مقدمه ٦۸
۵-۲- روش‌های بهینه‌سازی چندهدفه ٦۹
۵-۲-۱- روش‌های کلاسیک ٦۹

روش مجموع وزنی ٦٩
توسعه روش مجموع وزنی برای حل MODFLP ٧٣
روش محدودیت- ε ٧٣
توسعه روش محدودیت- ε برای حل MODFLP ٧٥
٥-٢-٢- الگوریتم‌های فرا ابتکاری چندهدفه ٧٥
الگوریتم NSGA-II ٧٧
توسعه الگوریتم NSGA-II برای حل MODFLP ٨١
الگوریتم DE ٨٥
توسعه الگوریتم DE برای حل MODFLP ٨٨
الگوریتم PSA ٩١
توسعه الگوریتم PSA برای حل MODFLP ٩٣
٥-٣- مقایسه الگوریتم‌های بهینه‌سازی چندهدفه ٩٥
٥-٣-١- شاخص متریک حیطه پوشش مجموعه ٩٧
٥-٣-٢- شاخص متریک فاصله ٩٧
٥-٤- انتخاب مناسب‌ترین روش MADM ٩٨
٥-٤-١- روش توسعه یافته TOPSIS ٩٩

فصل ششم: نتایج محاسباتی

٦-١- مقدمه ١٠٢
٦-٢- شرایط اجرای الگوریتم‌ها ١٠٣
٦-٣- تنظیمات پارامترها ١٠٥
٦-٤- نتایج آزمایشات ١٠٦
٦-٥- خلاصه نتایج ١٢١

فصل هفتم: جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

٧-١- خلاصه تحقیق ١٢٣
٧-٢- پیشنهاد مطالعات آتی ١٢٥
پیوست ١ ..... ١٢٧
مراجع ١٤٦

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: دسته بندی چیدمان تسهیلات ۱۳

شکل ۲-۲: نمونه‌ای از SFLP با چهار بخش ۱۵

شکل ۲-۳: برنامه چیدمان با سه دوره زمانی ۱۸

شکل ۲-٤: نمونه‌ای از DFLP با چهار بخش و سه دوره ۱۹

شکل ۲-۵: شماتیک رویه بهینه‌سازی چندهدفه ایدآل ۲٤

شکل ۲-٦: شماتیک رویه بهینه‌سازی چندهدفه اولویت- محور ۲۵

شکل ۲-۷: نمایش پنج جواب ۲۸

شکل ۲-۸: عدد فازی مثلثی ۳٦

شکل ۳-۱: تعویض جفتی وقتی‌که $m = ۲$ است. ٤۱

شکل ۳-۲: فلوچارت اصول کاری الگوریتم ژنتیک ٤٤

شکل ۳-۳: نمایش یک کروموزوم باینری ٤٤

شکل ۳-۴: نمایش دو والد ٤٦

شکل ۳-۵: نمایش دو فرزند بعد از عمل تقاطع ٤٦

شکل ۳-۶: نمایش جهش باینری ٤۷

شکل ۴-۱: آرایش چیدمان ٦٦

شکل ۵-۱: نمایش روش مجموع وزنی با مرز بهینه پارتو محدب ۷۱

شکل ۵-۲ : نمایش روش مجموع وزنی با مرز بهینه پارتوغیر محدب ۷۲

شکل ۵-۳: روش محدودیت- ε ۷٤

شکل ۵-٤: نمایش الگوریتم NSGA-II ۷۸

شکل ۵-۵: محاسبه فاصله تراکمی ۸۰

شکل۵-۶: برنامه چیدمان با چهار بخش و دو دوره ۸۱

شکل ۵-۷: نمایش دو والد با چهار بخش و سه دوره و دو نقطه تقاطع ۸۲

شکل ۵-۸: نمایش دو فرزند با چهار بخش و سه دوره حاصل از عمل تقاطع ۸۲

شکل۵-۹: عملگر جهش ۸۳

شکل ۵-۱۰: مثال دو بعدی از یک تابع هدف با نمایش خطوط کانتور آن و فرآیند تولید V ۸۷

شکل ۵-۱۱:نمایش فرآیند تقاطع ۸۷

شکل ۵-۱۲: نمایش گرافیکی قاعده ۵-۱۳..... ۹۲
شکل ۵-۱۳: نحوه ایجاد جواب همسایه ۹٤
شکل ۵-۱۴: دو هدف در بهینه‌سازی چندهدفه..... ۹۵
شکل ۵-۱۵: یک مجموعه ایدآل از جواب‌های ناچیره..... ۹٦
شکل۵-۱٦: همگرائی خوب، اما تنوع ضعیف (الگوریتم ۱)..... ۹٦
شکل ۵-۱۷: همگرائی ضعیف، اما تنوع خوب (الگوریتم ۲)..... ۹٦
شکل ۶-۱: نمایش جواب‌های ناچیره مسأله $N4T3$ ۱۰۷
شکل ۶-۲: نمایش جواب‌های ناچیره مسأله $N6T5$ ۱۱۰
شکل ۶-۳: نمایش جواب‌های ناچیره مسأله $N6T10$ ۱۱۳
شکل ۶-۴: نمایش جواب‌های ناچیره مسأله $N15T5$ ۱۱۵
شکل ۶-۵: نمایش جواب‌های ناچیره مسأله $N15T10$ ۱۱۸
شکل۶-۶: نمایش جواب‌های ناچیره مسأله $N30T5$ ۱۲۰

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: تکنیک‌های متداول MADM و برخی از ویژگی‌های آنها..... ۳۵

جدول ۳-۱ : مقایسه آنلینگ..... ۵۲

جدول ٤-۱: مقادیر کمی c_{tik} ٦۵

جدول ۵-۱: متغیرهای زبانی برای اهمیت شاخص‌ها..... ۹۹

جدول ۵-۲: متغیرهای زبانی برای نرخ‌ها..... ۹۹

جدول ۵-۳: ماتریس تصمیم..... ۱۰۱

جدول ٦-۱: محدودیت‌های زمانی..... ۱۰٦

جدول ٦-۲: بردارهای حد بالا..... ۱۰٦

جدول ٦-۳: جواب‌های ناچیره مربوط به مسأله $N4T3$ به تفکیک روش‌ها..... ۱۰۷

جدول ۶-۴: شاخص متریک همگرائی (C) برای $N4T3$..... ۱۰۸

جدول ۶-۵: شاخص‌های متریک مرتبط با هر روش برای $N4T3$..... ۱۰۸

جدول ۶-۶: نتایج حاصل از مقایسه روش‌ها برای $N4T3$ با TOPSIS..... ۱۰۸

جدول ۶-۷: جواب‌های ناچیره مربوط به مسأله $N6T5$ به تفکیک روش‌ها..... ۱۰۹

جدول ۶-۸: شاخص متریک همگرائی (C) برای $N6T5$..... ۱۱۰

جدول ۶-۹: شاخص‌های متریک مرتبط با هر روش برای $N6T5$..... ۱۱۱

جدول ۶-۱۰: نتایج حاصل از مقایسه روش‌ها برای $N6T5$ با TOPSIS..... ۱۱۱

جدول ۶-۱۱: جواب‌های ناچیره مربوط به مسأله $N6T10$ به تفکیک روش‌ها..... ۱۱۱

جدول ۶-۱۲: شاخص‌های متریک مرتبط با هر روش برای $N6T10$..... ۱۱۳

جدول ۶-۱۳: نتایج حاصل از مقایسه روش‌ها برای $N6T10$ با TOPSIS..... ۱۱۳

جدول ۶-۱۴: نتایج حاصل از مقایسه روش‌ها برای $N6T10$ با TOPSIS..... ۱۱٤

جدول ۶-۱۵: جواب‌های ناچیره مربوط به مسأله $N15T5$ به تفکیک روش‌ها..... ۱۱٤

جدول ۶-۱۶: شاخص متریک همگرائی (C) برای $N15T5$..... ۱۱٦

جدول ۶-۱۷: شاخص‌های متریک مرتبط با هر روش برای $N15T5$..... ۱۱٦

جدول ۶-۱۸: نتایج حاصل از مقایسه روش‌ها برای $N15T5$ با TOPSIS..... ۱۱٦

جدول ۶-۱۹: جواب‌های ناچیره مربوط به مسأله $N15T10$ به تفکیک روش‌ها..... ۱۱٦

جدول ۶-۲۰: شاخص متریک همگرائی (C) برای $N15T10$..... ۱۱۸

جدول ۶-۲۱: شاخص‌های متریک مرتبط با هر روش برای $N15T10$ ۱۱۹
جدول ۶-۲۲: نتایج حاصل از مقایسه روش‌ها برای $N15T10$ با TOPSIS..... ۱۱۹
جدول ۶-۲۳: جواب‌های ناچیره مربوط به مسأله $N30T5$ به تفکیک روش‌ها..... ۱۱۹
جدول ۶-۲۴: شاخص متریک همگرائی (C) برای $N30T5$ ۱۲۰
جدول ۶-۲۵: شاخص‌های متریک مرتبط با هر روش برای $N30T5$ ۱۲۰
جدول ۶-۲۶: نتایج حاصل از مقایسه روش‌ها برای $N30T5$ با TOPSIS..... ۱۲۱
جدول ۶-۲۷: نتایج حاصل از بکارگیری رویه ایدآل حل مسائل چندهدفه..... ۱۲۱

چکیده

امروزه رقابت‌ها و همکاری‌های اقتصادی جهانی، بیش از پیش افزایش یافته است و همچنین، تقاضای مشتریان پیوسته در حال تغییر است. لذا، لازم است که چیدمان تسهیلات سازمان‌ها، در مقابل تغییرات سریع القائی از محیط‌های خارجی و داخلی، انعطاف‌پذیر باشد. بنابراین، طبیعت دینامیک چیدمان تسهیلات باید مورد توجه قرار گیرد. به بیان دیگر، جریان مواد بین بخش‌ها در طول افق برنامه-ریزی (دوره‌های چندگانه) تغییر می‌کند و باید این موضوع مورد ملاحظه قرار گیرد. این مسأله، به مسأله چیدمان دینامیک (DFLP) معروف است. DFLP، مسأله آرایش کارای تسهیلات در طول یک افق برنامه‌ریزی چند دوره‌ای است، به طوری که مجموع هزینه‌های حمل مواد و بازآرائی می‌نیمم شود.

از منظرجامع‌تر، مسأله چیدمان تنها شامل تجزیه و تحلیل‌های کمی هزینه‌های جریان مواد نیست؛ بلکه، اطلاعات کیفی درباره کیفیت و چگونگی فعالیت‌های مختلف، نیز برروی این مسأله تأثیرگذار می‌باشند. لذا در این تحقیق، به جهت طراحی بهتر و مناسب‌تر چیدمان تسهیلات و در نظرگرفتن کلیه عوامل تأثیرگذار در جانمائی تسهیلات، توجه همزمان به توابع فاصله محور و نزدیکی محور مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس، مدل چندهدفه چیدمان دینامیک تسهیلات (MODFLP) ارائه شده است. برای حل این مدل، از رویه ایدآل بهینه‌سازی مسائل چندهدفه استفاده گردیده است؛ در گام اول این رویه، از دو روش بهینه‌سازی چندهدفه کلاسیک مجموع وزنی و محدودیت- ε و سه روش فرا ابتکاری NSGA-II، DE، PSA استفاده شده است. این روش‌ها با استفاده از داده‌های موجود در ادبیات موضوع، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داده است که دو روش فرا ابتکاری NSGA-II و DE بهتر عمل کرده-اند. در گام دوم رویه بهینه‌سازی چندهدفه ایدآل، برای انتخاب جواب برتر از مجموعه جواب‌های ناچیره بدست آمده، روش TOPSIS مورد استفاده قرار گرفته است.

فصل اول

مقدمه

۱-۱- موضوع تحقیق

بازار مصرف امروزی، سبب رقابتی شدن شرکت‌های تولیدی و صنعتی شده است. توانائی برآورده نمودن تقاضاها، به موفقیت یک شرکت تولیدی در این بازار رقابتی کمک می‌کند. بر این اساس، هر سیستم تولیدی باید بدنبال غلبه بر عدم قطعیت موجود در تقاضای مشتریان خود باشد. با توجه به اینکه تغییر تقاضا در طول زمان، هزینه-های سربار سازمان را افزایش می‌دهد؛ از این رو، هر شرکتی برای کاهش هزینه‌ها، باید برنامه‌های مناسبی جهت بهبود و اصلاح تولید، توزیع، بازاریابی و ... داشته باشد.

یکی از زمینه‌های بسیار مناسب برای کاهش هزینه‌ها در یک سیستم تولیدی، چیدمان تسهیلات است. مسأله چیدمان ایستای تسهیلات (SFLP)[1]، بدنبال تعیین کاراترین آرایش منابع (بخش‌ها، ماشین‌آلات، نیروی انسانی و ...) در یک واحد (کارخانه‌های تولیدی، ساختمان‌های اداری و خدماتی و ...) است. کاراترین آرایش منابع در یک واحد، در نتیجه وجود یک جریان کار مناسب و هماهنگ بین منابع موجود حاصل می‌شود. چیدمان کارا و مناسب، جریان مواد بین بخش‌ها و ماشین‌ها را به گونه‌ای هماهنگ می‌کند که، میزان مناسب مواد، در زمان مناسب و با روشی صحیح به بخش‌ها و ماشین‌ها برسد.

[1] - Static Facility Layout Problem

برای ارزیابی کارآمدی چیدمان تسهیلات، از اهداف و معیارهای متعددی استفاده می‌شود. این اهداف به دو دسته کلی فاصله محور[1] و نزدیکی محور[2] تقسیم می‌شوند. رایج‌ترین معیار مورد استفاده برای تعیین کارآئی چیدمان تسهیلات، می‌نیمم‌سازی هزینه حمل و نقل مواد است.

SFLP ، معمولاً به صورت مسأله تخصیص درجه دوم (QAP)[3]، برای می‌نیمم کردن هزینه مواد فرموله می‌شود و فرض اساسی آن اینست که، جریان مواد در طول افق برنامه‌ریزی تغییر نمی‌کند. بر پایه این فرض، یک چیدمان نهائی برای افق برنامه‌ریزی کارخانه طراحی و پیاده‌سازی می‌شود.

در بازار رقابتی و جهانی امروزی، تقاضا و خواسته مشتری پیوسته در حال تغییر است و این مسأله سبب تغییر در ترکیب و طرح محصول می‌شود. از طرفی، برای باقی ماندن در صحنه رقابت و حفظ انعطاف‌پذیری در مقابل تغییرات، استفاده از تکنولوژی‌های ساخت و تولید جدید ضروری و حیاتی است. لذا، این تغییرات برروی جریان مواد کارخانه و در نتیجه برروی چیدمان تسهیلات اثرگذار هستند. در بسیاری از مواقع، برای کاهش هزینه‌های جریان مواد، نیاز به بازآرائی تسهیلات وجود دارد. از این رو، مسأله چیدمان دینامیک تسهیلات (DFLP)[4] با هدف می‌نیمم کردن هزینه‌های جریان مواد و بازآرائی تسهیلات توسط رزنبلات در سال ۱۹۸۶ طرح و حل شد [۱]. DFLP ، توسعه‌ای از SFLP و مدل QAP است و بدلیل سخت بودن این مدل، عمده روش‌های حل ارائه شده برای این مسأله، روش‌های ابتکاری هستند.

در فصل‌های بعدی ملاحظه خواهد شد، که اکثر پژوهشگران با در نظر گرفتن تجزیه و تحلیل‌های کمّی هزینه جریان مواد و هزینه بازآرائی، مسأله چیدمان دینامیک تسهیلات را مورد بررسی و ارزیابی قرار داده‌اند. از منظر جامع‌تر، مسأله چیدمان تنها شامل تجزیه و تحلیل‌های کمّی هزینه‌های جریان مواد نیست؛ بلکه، اطلاعات کیفی درباره کیفیت و چگونگی فعالیت‌های مختلف، که مربوط به دیدگاه نزدیکی محور هستند (اطلاعاتی نظیر؛ خواسته‌های مدیریت، فعالیت‌های خدماتی و کمک تولیدی)، نیز برروی این مسأله تأثیرگذار می‌باشند. با توجه به این منظر، به جهت طراحی بهتر و مناسب‌تر چیدمان تسهیلات و در نظرگرفتن کلیه عوامل تأثیرگذار در جانمائی تسهیلات، توجه همزمان به توابع فاصله محور و نزدیکی محور بسیار مناسب است.

بر این اساس، با توجه به اینکه مسأله چیدمان دینامیک تسهیلات، ابزار بسیار مناسبی جهت مواجهه با تغییرات تقاضا و دستیابی به چیدمان کارا در تمام افق برنامه‌ریزی است، و همچنین با توجه به اینکه عوامل کیفی متعددی در چیدمان تسهیلات تأثیرگذار هستند؛ لذا این تحقیق سعی دارد، با نگاه جامع‌تری به مسأله چیدمان دینامیک تسهیلات،

---

[1]- distance-based
[2] - adjacency-based
[3] -Quadratic Assignment Problem
[4] -Dynamic Facility Layout Problem

بدنبال توسعه و بهبود فرموله‌بندی کلاسیک این مسأله، جهت در نظر گرفتن همزمان عوامل کمی و کیفی تأثیرگذار بر مسأله چیدمان تسهیلات باشد. بنابراین فرموله‌بندی مسأله چندهدفه چیدمان دینامیک تسهیلات (MODFLP)[1] و بررسی فرآیند حل آن، از اهداف کلی تحقیق حاضر می‌باشد.

۱-۲- اهمیت موضوع و اهداف آن

کشور ما و صنایع تولیدی و خدماتی آن، در آستانه ورود به یک رقابت همه جانبه با رقبای جهانی هستند و تدوین سند ایران ۱٤۰٤ دلیلی بر این ادعاست. برای اینکه شرکت‌ها و سازمان‌های تولیدی و خدماتی کشور، در میدان رقابت با رقبای خود از قدرت لازم برخوردار باشند؛ لازم است که انعطاف‌پذیری مناسبی را در مقابل تغییرات تقاضا و ترکیب محصول داشته باشند. در سالهای اخیر، توجه ویژه‌ای برای دستیابی به صنایع نوین (نظیر؛ صنایع مرتبط با نانوتکنولوژی، بیوتکنولوژی، لیزر و اپتیک، الکترونیک و ...) در کشور شده است و خاصیت پویائی و تغییرپذیری سریع محصولات این صنایع، تنها به سازمان‌هائی اجازه بقا و حیات خواهد داد که دارای انعطاف‌پذیری بسیار بالائی در مقابل تغییرات باشند. لذا توجه به مسأله چیدمان دینامیک تسهیلات، جهت افزایش انعطاف‌پذیری سازمان‌ها در مقابل تغییرات، و همچنین توسعه این مسأله جهت در نظر گرفتن عمده معیارهای تأثیر گذار بر چیدمان تسهیلات، امری مهم است.

تحقیق حاضر، با سیر یک روند کاملاً منطقی، بدنبال تعریف و حل یک مسأله جدید جهت چیدمان تسهیلات است. لذا، گام‌های برداشته شده و اهداف مورد نظر این تحقیق، به صورت زیر می‌باشند:

۱. مدلسازی چندهدفه مسأله چیدمان دینامیک تسهیلات.
۲. حل مدل چندهدفه توسعه داده شده با دو روش کلاسیک حل مسائل چندهدفه (روش مجموع وزنی[2]، روش محدودیت - ε[3])، با نرم‌افزار GAMS (مسأله MINLP[4]).
۳. توسعه روش‌های فرا ابتکاری برای دستیابی به مجموعه جواب‌های ناچیره خوب در مسائل بزرگ.
   ۳ ـ ۱. استفاده از الگوریتم تکاملی NSGA II[5].
   ۳ ـ ۲. استفاده از الگوریتم تکاملی DE[6].
   ۳ ـ ۳. استفاده از الگوریتم PSA[7].

---

1 - Multi Objective Dynamic Facility Layout Problem
2 - weighted sum method
3 - ε -constraint method
4 - Mix Integer Non Linear Programming
5 - Nondominated Sorting Genetic Algorithm II
6 - Differential Evolution
7- Pareto Simulated Annealing

۴. ارائه روش مناسب برای مقایسه کارآئی الگوریتم‌های چندهدفه مورد استفاده، و پیشنهاد مناسبترین الگوریتم.

۵. بکارگیری تکنیک مناسب تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM)[1]، جهت انتخاب جواب برتر از میان مجموعه جواب‌های ناچیره بدست آمده، با توجه به نظرات تصمیم‌گیرندگان.

۱-۳- روش و ساختار تحقیق حاضر

برای محقق شدن اهداف بیان شده، مطالعات گسترده‌ای به طور عام در حیطه چیدمان تسهیلات و به طور خاص در حیطه چیدمان دینامیک تسهیلات انجام می‌شود. پی‌آمد این مطالعات، ارائه مدل چندهدفه برای مسأله چیدمان دینامیک تسهیلات می‌باشد. در گام بعدی برای حل این مدل، مطالعات گسترده‌ای برروی مبانی بهینه‌سازی چندهدفه انجام می‌گیرد و متدولوژی مناسبی برای حل مدل چندهدفه پیشنهادی انتخاب می‌شود. در نهایت با استفاده از داده‌های موجود در ادبیات موضوع، روش‌های مورد استفاده در هر گام از متدولوژی مورد نظر مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و روش/ روش‌های برتر معرفی می‌شوند. بر این اساس، ساختار تحقیق حاضر به این شرح است:

در فصل دوم، کلیات و مفاهیم مرتبط با مسأله چیدمان تسهیلات و بهینه‌سازی مسائل چند هدفه مورد بحث قرار می‌گیرند. در فصل سوم، مروری بر مطالعات انجام شده در مورد مسأله چیدمان دینامیک تسهیلات ارائه می‌شود. همچنین در این فصل، به طور مختصر برخی روش‌های دقیق و ابتکاری مورد استفاده برای حل مسأله چیدمان دینامیک تسهیلات تشریح می‌شوند و در انتهای این فصل، به معرفی برخی از روش‌های بهینه‌سازی مسائل چندهدفه پرداخته می‌شود. فصل چهارم، به تشریح و مدلسازی ریاضی مسأله چندهدفه چیدمان دینامیک تسهیلات اختصاص دارد. در فصل پنجم، کلیه روش‌های مورد استفاده در این تحقیق جهت حل مسأله چندهدفه چیدمان دینامیک، مورد بررسی قرار می‌گیرند. در فصل ششم، کلیه آزمایشات عددی انجام شده برای مقایسه روش‌ها و تنظیمات پارامترهای آنها ارائه می‌شود. در نهایت در فصل هفتم، نتیجه‌گیری و پیشنهادات مرتبط با مطالعات آتی بیان می‌شوند.

[1] - Multiple Attribute Decision Making

فصل دوم

کلیات و مفاهیم

۲-۱- مسأله چیدمان تسهیلات

مسأله چیدمان تسهیلات، تعیین کاراترین آرایش منابع (بخش‌ها، ماشین‌آلات، نیروی انسانی و ...) در یک واحد (کارخانه‌های تولیدی، ساختمان‌های اداری و خدماتی و ...) است. این مسأله در زمینه‌های متنوع و مختلفی مطرح می‌باشد. برای مثال، در کارخانه‌های ساخت و تولید، از تکنیک‌های چیدمان تسهیلات، جهت کاهش هزینه‌های جریان مواد استفاده می‌شود و یا برای کاهش اندازه مدارهای چاپی الکترونیکی، از این تکنیک‌ها استفاده می‌شود [۲].

کاراترین آرایش تسهیلات در یک ساختمان، در نتیجه وجود یک جریان کار مناسب بین آنها حاصل می‌شود. چیدمان مناسب و کارآمد، به بهتر انجام شدن سایر عملیاتی که وابسته به جریان کار هستند، کمک می‌کند. برای نمونه، در یک واحد صنعتی تولیدی، یک چیدمان کارا و مناسب، جریان مواد بین بخش‌ها و ماشین‌ها را به گونه‌ای هماهنگ می‌کند؛ که مقدار مناسبی از مواد، در زمان مناسب و با روشی صحیح و مطمئن که ایمنی کارگران را تضمین کند، و از انباشت موجودی در حال ساخت جلوگیری کند، به بخش‌ها و ماشین‌ها برسد. همچنین، یک چیدمان کارا، از استفاده بیش از حد تجهیزات و سیستم‌های حمل و نقل مواد جلوگیری می‌کند و باعث کاهش هزینه‌های جریان مواد می‌شود.

بنابراین، چیدمان مناسب به سازمان‌ها جهت افزایش کارآمدی تمام عملیات‌ها یاری می‌دهد.

اهداف و معیارهای متعددی برای ارزیابی کارآمدی چیدمان تسهیلات وجود دارند. این اهداف عموماً به دو دسته کلی فاصله محور و نزدیکی محور تقسیم می‌شوند. رایج‌ترین معیار مورد استفاده برای تعیین کارآئی چیدمان تسهیلات، می‌نیمم‌سازی هزینه حمل و نقل مواد است. گذشته از این، فرانسیس و همکاران [۳] اهداف دیگر قابل ملاحظه را ذکر کرده‌اند، که عبارتند از:

۱. می‌نیمم کردن کل زمان تولید
۲. می‌نیمم کردن سرمایه درگیر در تجهیزات
۳. استفاده مناسب از فضای در دسترس
۴. آسان نمودن فرآیند تولید
۵. استفاده مناسب از نیروی انسانی
۶. حفظ انعطاف‌پذیری آرایش تسهیلات و عملیات
۷. فراهم نمودن راحتی، آسودگی و ایمنی برای کارگران
۸. می‌نیمم کردن تنوع در مدلهای تجهیزات حمل و نقل مورد استفاده

هزینه حمل مواد، قابل توجه‌ترین مقیاس برای تعیین کارآئی یک چیدمان است؛ چراکه این هزینه ۲۰ تا ۵۰ درصد کل هزینه‌های عملیاتی و ۱۵ تا ۷۰ درصد کل هزینه ساخت و تولید یک محصول را تشکیل می‌دهد [۴]. هزینه حمل مواد، وابسته به جریان مواد و فاصله بین بخش‌ها است. همچنین، هزینه‌های حمل مواد وابسته به سیستم‌های مورد استفاده برای حمل مواد می‌باشند. به‌عبارت دیگر، طراحی و نوع سیستم حمل بر روی چیدمان تسهیلات تأثیرگذار است و برعکس. تفکر سنتی چیدمان تسهیلات، معتقد بوده است که سیستم‌های حمل و نقل مواد، باید بعد از نهائی شدن چیدمان تسهیلات طراحی شوند؛ در حالی‌که چیدمان تسهیلات و سیستم حمل و نقل باید به طور همزمان طراحی شوند.

ملر وگا [۵] بیان کرده‌اند که، بدلیل اینکه طراحی سیستم‌های حمل و نقل معمولاً بعد از طراحی چیدمان اتفاق می‌افتد، لذا کمبودی در مهندسی همزمان طراحی سیستم‌های حمل و نقل و چیدمان تسهیلات وجود دارد. فقدان مهندسی همزمان، باعث ناسازگاری بین چیدمان تسهیلات و طراحی سیستم حمل و نقل می‌شود. به‌عبارت دیگر، وقتی‌که، طراحی چیدمان تسهیلات و سیستم حمل و نقل همزمان صورت نپذیرد، ممکن است چیدمانی با سیستم حمل و نقل نامناسب را نتیجه دهد.