دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی صنایع وسیستمها

ارائه مدل استوار تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید به طور همزمان

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - صنایع

محبوبه کبیری زمانی

استاد راهنما

دکتر مهدی بیجاری

۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی صنایع وسیستمها

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع- صنایع خانم محبوبه کبیری زمانی

تحت عنوان

ارائه مدل استوار تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید به طور همزمان

در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۲ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر مهدی بیجاری
۲- استاد داور	دکتر قاسم مصلحی
۳- استاد داور	دکتر محمد سعید صباغ
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر مهدی بیجاری

سپاس بی کران خدای را که هر چه دارم از اوست، پروردگاری یکتا که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت. به امید آنکه توفیق یابم جز خدمت به خلق او نکوشم

بیکرانه ترین سپاس نثار پدر و مادر دلسوز و مهربانم، بزرگترین موهبت های زندگی ام، والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم، چرا که این دو وجود، پس از پروردگار، مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگارانی که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند. . .

خالصانه ترین سپاس ها تقدیم به همسر عزیزم، به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودش که در این سردترین روزگاران، بهترین پشتیبانم است

صمیمانه ترین سپاس ها تقدیم به برادر نازنینم، به پاس محبت بی دریغش که هرگز فروکش نمی کند و حمایت های فراوانش در لحظه لحظه زندگیم

آنکه در مقام آموزگار می نشیند شایسته ستایش و سپاس است

آنکه به دیگران می آموزند چراغی است که راه های نرفته را در تاریکی روشن می کند

آنکه بی دریغ می آموزاند رویای ناتمامی است که در قدم های نورس فردا به سمت قله های رفیع دانایی می رود

بسی شایسته است از استاد فرهیخته و دلسوزم جناب آقای دکتر پیجاری که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند صمیمانه تقدیر و تشکر کنم.

از اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر مصلحی و جناب آقای دکتر صباغ که با پیشنهادات سازنده خود کمک شایانی به بهتر شدن تحقیق حاضر نموده اند بسیار سپاسگزارم.

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

تقدیم به:

استوارترین تکیه گاه دنیایم

پدرم

مهربان ترین فرشته زمینی

مادرم

بال زرین پروازم

همسرم

نگین درخشان و همراهم

برادرم

و به استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر پیجاری که در راه کسب علم و معرفت مرا یاری نمودند

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

فهرست جداول ..... ده

فهرست اشکال ..... یازده

چکیده ۱

فصل اول : مقدمه

۱-۱ شرایط عدم قطعیت ۳

۱-۲ اهمیت و تبیین مسئله ۴

۱-۳ مروری بر فصول پایان نامه ۵

فصل دوم: مروری بر ادبیات موضوع

۲-۱ بخش اول عدم قطعیت و بهینه‌سازی استوار ۶

۲-۱-۱ رویکردهای مواجه با شرایط عدم قطعیت ۶

۲-۱-۲ معیارهای برنامه‌ریزی تولید و زمان‌بندی استوار ۱۰

۲-۱-۳ مطالعات پیشین در زمینه برنامه‌ریزی تولید و زمان‌بندی استوار ۱۳

۲-۱-۴ مدل‌های استواری ۲۱

۲-۲ بخش دوم مدل تعیین همزمان اندازه دسته و زمان‌بندی ۲۹

۲-۲-۱ مفاهیم تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید و اهمیت ارتباط آنها ۲۹

۲-۲-۲ مطالعات پیشین در زمینه تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید و روند توسعه مدل‌ها ۳۰

۲-۳ نتیجه‌گیری ۳۸

فصل سوم: مدل‌سازی و الگوریتم حل

۳-۱ مقدمه ۳۹

۳-۲ مدل بهینه سازی استوار با معیار اختلاف از مقدار بهینه و کمبود ۴۰

۳-۲-۱ فرمول‌بندی ریاضی غیرخطی مدل استوار اول ۴۲

۳-۲-۲ فرمول‌بندی ریاضی خطی مدل استوار اول ۴۳

۳-۳ مدل بهینه‌سازی استوار با معیار بدترین نمونه ۴۴

۳-۳-۱ فرمول‌بندی ریاضی مدل استوار دوم با معیار بدترین نمونه ۴۸

۳-۴ الگوریتم ابتکاری افق غلطان ۵۰

۳-۴-۱ روش اول ۵۱

۳-۴-۲ روش دوم ۵۱
۳-۵ نتیجه‌گیری ۵۲

فصل چهارم: نتایج عددی

۴-۱ مقدمه ۵۳
۴-۲ نحوه تولید داده‌ها ۵۴
۴-۲-۱ مدل استوار اول ۵۴
۴-۲-۲ مدل استوار دوم ۵۶
۴-۲-۳ مدل سویستر ۵۸
۴-۲-۴ مدل قطعی با تقاضای میانگین ۵۸
۴-۳ معیارهای مقایسات ۵۸
۴-۴ نتایج عددی ۶۰
۴-۵ نتیجه‌گیری ۷۹

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱ مقدمه ۸۰
۵-۲ مدل استوار تعیین همزمان اندازه دسته و زمان‌بندی ۸۱
۵-۳ پیشنهاداتی برای مطالعات آتی ۸۲

مراجع ۸۵

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ٤-١ : سناریوهای مربوط به بودجه عدم قطعیت در مدل استوار دوم ٥٦

جدول ٤-٢ : ابعاد مختلف استفاده شده برای تحلیل مدل ها در مقیاس کوچک ٦٠

جدول ٤-٣: مقادیر مربوط به ضریب تغییرات مدل ها ٦١

جدول ٤-٤: مقایسه مقادیر تابع هدف و سطح سرویس دو مدل استوار (اختلاف مدل دوم از مدل اول) ٦٣

جدول ٤-٥: مقادیر مربوط به اختلاف تابع هدف در مدل های مختلف با مدل بدترین نمونه بر حسب درصد ٦٤

جدول ٤-٦: مقادیر مربوط به اختلاف تابع هدف در مدل های مختلف با مدل میانگین تقاضا بر حسب درصد ٦٥

جدول ٤-٧ : مقادیر مربوط به زمان حل در مدل های مختلف ٦٦

جدول ٤-٨ : مقایسه تابع هدف مدل‌ها به‌ازای حالات مختلف ظرفیت ٦٧

جدول ٤-٩ : ابعاد مختلف استفاده شده برای تحلیل مدل‌ها در مقیاس بزرگ ٦٨

جدول ٤-١٠ : مقادیر مربوط به زمان حل برحسب ثانیه مدل‌های استوار به روش ابتکاری و مقایسه با سایر مدل‌ها ٧٠

جدول ٤-١١ : مقایسه روش‌های افق غلطان با مقدار بهینه در مدل استوار اول ٧١

جدول ٤-١٢ : مقایسه روش‌های افق غلطان با مقدار بهینه در مدل استوار دوم ٧٤

جدول ٤-١٣ : درصد خطای الگوریتم‌های ابتکاری نسبت به بهترین جواب ٧٦

جدول ٤-١٤ : مقایسه الگوریتم‌های ابتکاری با مدل سویستر ٧٧

جدول ٤-١٥ : مقایسه الگوریتم‌های ابتکاری با مدل میانگین تقاضا ٧٨

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ : چارچوب تصمیم‌گیری استوار ۱۱

شکل ۲-۲: الگوریتم سلسله مراتبی میزان عدم قطعیت و میزان دسترسی به اطلاعات در طول زمان ۱۸

شکل ٤-۱ : احتمال نقض محدودیت برای هر دوره به ازای سناریوهای مختلف..... ۵۷

چکیده

با توسعه اقتصاد و افزایش رقابت در صنایع مختلف کاهش هزینه‌های تولید تبدیل به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های شرکت‌های تولیدی شده است. برای نیل به این هدف باید تا حد امکان شرایط مدل‌سازی مسئله را به شرایط واقعی نزدیک نمود. یکی از عوامل اجتناب‌ناپذیر، عدم قطعیت در داده‌های مسئله به‌خصوص در میزان تقاضا است. اکثر مطالعات صورت گرفته در زمینه برنامه‌ریزی تولید محدود به مسائل قطعی هستند که در آن‌ها فرض می‌شود ورودی‌های مسئله ثابت هستند اما در دنیای واقعی به‌دلیل وجود پدیده‌های احتمالی مختلف در مسئله مانند خرابی ماشین‌آلات، نرسیدن به‌موقع مواد خام و ...، این مدل‌ها به سرعت کارایی خود را از دست می‌دهند. رویکردهای مختلفی برای مواجهه با عدم قطعیت وجود دارد. رویکرد بهینه‌سازی استوار یکی از رویکردهای کارا در این شرایط است. رویکرد بهینه‌سازی استوار تلاش می‌کند تا با در نظر گرفتن شرایط واقعی برنامه‌ای ایجاد کند که اثر اختلالات ناشی از عدم قطعیت را تا حد امکان حداقل نماید. روش‌های مختلفی برای رسیدن به یک مدل استوار مانند رویکرد سناریوسازی، معیارهای جانشین و ... مورد استفاده قرار گرفته است. از سوی دیگر یکی از مدل‌های مهم و کاربردی در زمینه برنامه‌ریزی تولید مدل تعیین همزمان اندازه دسته و زمان‌بندی است. برای این مدل توسعه‌های مختلفی وجود دارد ولی تاکنون پژوهشی در زمینه استواری صورت نگرفته است. هدف از این پایان‌نامه یافتن معیار یا معیارهای مناسب برای ایجاد یک مدل بهینه‌سازی استوار با رویکرد سناریوسازی در مسئله تعیین همزمان اندازه دسته و زمان‌بندی با تقاضای غیرقطعی است. در این راستا دو مدل استوار مختلف معرفی شده است. مدل اول براساس انحراف عملکرد مدل از مقادیر بهینه و هزینه کمبود است. مدل دوم براساس معیار بدترین نمونه است که با اضافه کردن یک محدودیت امکان تنظیم سطح ریسک‌های مختلف را برای تصمیم‌گیرنده فراهم می‌کند. همچنین برای حل مدل‌ها دو روش ابتکاری افق غلطان استفاده شده است که با مقایسه نتایج عددی به‌دست آمده می‌توان گفت روش اول از نظر زمان حل و روش دوم از نظر متوسط درصد خطای حل بهتر است. به‌طور کلی در مقیاس کوچک ۱۰۰۰ مسئله و در مقیاس بزرگ ۹۰۰ مسئله به‌ازای هر مدل حل شده است. متوسط خطای به‌دست آمده برای مدل استوار اول به‌ازای دو روش برابر ٤/٨٩٪ و ۳/۱۲٪ و برای مدل استوار دوم برابر ۲/۳۵٪ و ۱/۵۵٪ است.

کلمات کلیدی:زمان‌بندی، اندازه دسته، بهینه‌سازی استوار، سناریوسازی، بدترین نمونه

فصل اول

مقدمه

مسئله کاهش هزینه‌های تولید یکی از چالش‌برانگیزترین مسئله‌های اکثر موسسات تولیدی است. با افزایش روزافزون رقابت در بازار جهانی و نوسانات دائم در هزینه‌ها و به‌خصوص تقاضای محصولات، تولیدکنندگان به این نتیجه رسیده‌اند که بهترین راه کاهش هزینه‌ها، استفاده صحیح از منابع دردسترس است. به منظور رسیدن به این هدف باید تاحد امکان شرایط واقعی بازار را در مدل‌سازی مسئله در نظر گرفت تا راه‌حل‌های ارائه شده کارایی مناسبی از خود نشان دهند. تعیین اندازه دسته محصولات در افق برنامه‌ریزی و زمان‌بندی محصولات تاثیر بسیار زیادی بر هزینه‌های تولیدی به‌خصوص برای مسائل با تولید دسته‌ای دارد. بنابراین امروزه زمان‌بندی و برنامه‌ریزی تولید یکی از مهمترین مسائلی است که مدیران با آن روبه‌رو هستند. یک سیستم برنامه‌ریزی تولید تعیین می‌کند که چه محصول، در چه زمانی و به چه میزانی تولید شود تا در حالی‌که تقاضای مشتریان به نحو مناسبی پاسخ داده می‌شود، منجر به هزینه‌های زیاد موجودی و کمبود نگردد.

یک مسئله برنامه‌ریزی، در یکی از شرایط قطعی، ریسک یا عدم قطعیت قرار دارد. در شرایط قطعی هیچ عنصر احتمالی در ارتباط بین تصمیم و نتیجه دخالت نمی‌کند و در آن هدف انتخاب تصمیم با مطلوب‌ترین مقدار تابع هدف است. در شرایط ریسک ارتباط بین تصمیمات و نتیجه به‌صورت احتمالی است و در شرایط عدم قطعیت مقدار احتمالات برای نتایج هر تصمیم نامشخص است. شرایط عدم قطعیت زمانی اتفاق می‌افتد که نتیجه یک تصمیم به عواملی چون تصمیمات فعلی یا آتی رقبا، رویدادهای آتی مختلف و غیرقابل تکرار، وابسته باشد[۱].

در اغلب محیط‌های صنعتی عدم قطعیت یکی از شرایط اجتناب‌ناپذیر است که می‌توان آن را "تفاوت بین مقادیر مربوط به اطلاعات مورد نیاز برای انجام یک کار و مقادیر مربوط به اطلاعات که قبلاً به خود گرفته است" تعریف نمود. یک روش موثر در چنین شرایطی، استفاده از رویکرد بهینه‌سازی استوار[1] است. رویکرد بهینه‌سازی استوار سعی در ایجاد برنامه‌ای دارد که اثر اختلالات ناشی از عدم قطعیت را در حین اجرا بر روی مقدار تابع هدف اولیه حداقل کند.

۱-۱ شرایط عدم قطعیت

عدم قطعیت در موسسات تولیدی به‌دلیل فقدان مدل‌های مربوط به فرآیندهای تولید، تغییر فرآیندها و داده‌های محیطی یک امر رایج است. منابع بسیاری برای عدم قطعیت وجود دارد و این به مقیاس زمانی مورد نظر که چه منابعی از عدم قطعیت‌ها مهم‌تر و بحرانی‌تر از بقیه است، بستگی دارد. مسئله برنامه‌ریزی تولید برای محیط‌های صنعتی اغلب به دو دسته کوتاه‌مدت و بلندمدت تقسیم شده است که با توجه به این دسته‌بندی می‌توان منابع عدم قطعیت را نیز به دو بخش تقسیم نمود.

یکی از مهم‌ترین منابع عدم قطعیت برای مسائل برنامه‌ریزی با افق‌های بلندتر، "داده‌های محیطی" مثل تقاضای برآورد شده، قیمت آتی محصولات و هزینه مواد اولیه خام است. برآورد تقاضا معمولاً بر اساس پیش‌بینی‌های مربوط به رخدادهای آتی است. پیش‌بینی‌ها اغلب به دلایل مختلفی مانند تغییر در حالت بازار، معرفی یک محصول جدید توسط رقبا و فسخ قراردادها غیردقیق هستند. قیمت محصولات و هزینه مواد خام می‌تواند از الگوی فصلی پیروی کند یا دارای روند خاصی باشد یا می‌تواند تحت تاثیر عوامل دیگری باشد که به‌راحتی قابل پیش‌بینی نیستند. افزایش ناگهانی در هزینه‌های مواد خام یا کاهش قیمت محصولات نیز ممکن است اتفاق بیفتد. مشکل دسترسی به مواد خام و منابع مانند کمبود مواد خام و کمبود کارکنان آموزش‌دیده نیز یکی از منابع رایج از عدم قطعیت است. همچنین یکی دیگر از منابع عدم قطعیت مشکلات کیفیتی و برگشت محصولات است[۲].

مهم‌ترین منبع عدم قطعیت برای مسائل با افق زمانی کوتاه‌تر "داده‌های فرآیند" مانند زمان‌های پردازش و در دسترس بودن منابع است. وجود ظرفیت‌های مختلف برای فرآیندهای تولیدی و همچنین وجود ناخالصی در مواد اولیه یا عدم مطابقت مشخصات مواد اولیه با استانداردها ممکن است سبب دوباره‌کاری شود و در نتیجه تولید را به

---

1 Robust optimization

تاخیر بیندازد. اپراتورها اغلب سطوح مهارت مختلفی دارند که ممکن است روی زمان‌های آماده سازی، بهره‌برداری از تجهیزات، زمان مورد نیاز برای تکمیل بازرسی کیفیت و کاغذبازی‌های اداری تاثیر بگذارد. عدم قطعیت مربوط به دسترسی منابع ممکن است به‌دلیل غیبت اپراتورها، شکست و خرابی تجهیزات، تاخیر در تحویل مواد اولیه از تامین‌کنندگان و قطع برق و ... باشد[۲].

محیط‌های تولیدی اغلب بسیار پویا هستند و اگرچه یک زمان‌بندی پیشنهادی ممکن است بهترین گزینه در شرایط پیش‌بینی شده باشد اما این گزینه می‌تواند به سرعت تبدیل به یک گزینه ناکارا و یا حتی غیرممکن پس از وقوع اتفاقات پیش‌بینی نشده شود. محققان رویکردهای مختلفی مانند رویکرد احتمالی و رویکرد بهینه‌سازی استوار را برای مواجهه با عدم قطعیت در نظر گرفته‌اندکه در فصل بعد این رویکردها به‌طور مختصر توضیح داده می‌شود.

۱-۲ اهمیت و تبیین مسئله

تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید یکی از مباحث مهم در برنامه‌ریزی تولید است. در اکثر مسائل مورد بررسی علیرغم وابسته بودن مسائل تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید به یکدیگر، آن‌ها را در دو مرحله متفاوت مد نظر قرار دادند. این رویکرد در بعضی مسائل می‌تواند منجر به پاسخ‌های نامناسب و افزایش هزینه‌ها شود. مدل $GLSP$[1]، مسئله تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید را به صورت همزمان مورد بررسی قرار می‌دهد. برای این مسئله تاکنون فرضیات مختلفی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است که در فصول بعد به‌طور مختصر به آن‌ها اشاره شده است. در مدل‌های پایه برنامه‌ریزی تولید، اغلب فرض بر آن است که پارامترهای مسئله به صورت قطعی هستند. اما در دنیای واقعی همواره شرایط ثابت نیست. در شرایط واقعی مسائل غیرقطعی بوده و داده‌های مسئله در حین اجرای برنامه مدام تغییر می‌کنند. بنابراین برنامه اولیه، به تناسب شرایط جدید تغییر کرده و بهینگی خود را از دست می‌دهد. به‌عبارت دیگر ضعف اصلی مسائل قطعی، تشخیص داده‌های غیرقطعی برای ایجاد تصمیم بهینه است. اکثر رویکردهای مورد استفاده نیز فرض می‌کنندکه همه داده‌های مسئله قطعی و دارای مقادیر معینی است. به همین دلیل یکی از فرضیات مهم و پرکاربرد در مورد مسائل برنامه‌ریزی تولید و زمان‌بندی می‌تواند فرض در نظر گرفتن شرایط عدم قطعیت در مدل باشد. بهینه‌سازی استوار یکی از جدیدترین رویکردهایی است که شرایط غیرقطعی را

---

1 General Lot Sizing and Scheduling Problem

در مدل در نظر می‌گیرد. در بهینه‌سازی استوار هدف یافتن راه‌حلی است که برای اکثر داده‌های ورودی ممکن، شدنی و تا حد امکان نزدیک به بهینه باشد و درعین‌حال در مقابل عدم قطعیت مصون بماند.

هدف از این پایان‌نامه افزودن فرض استواری با ارائه یک مدل ریاضی برای مسئله تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی همزمان است. با توجه به بررسی‌های انجام شده تاکنون پژوهشی در این زمینه در ادبیات موضوع صورت نگرفته است. در راستای نیل به این هدف، معیارهایی برای استواری مدل ارائه می‌شود. سپس برای حل مدل‌های پیشنهادی و مقایسه معیارهای استواری ارائه شده، روش‌هایی پیشنهاد می‌گردد.

۱-۳ مروری بر فصول پایان نامه

این تحقیق در پنج فصل تنظیم شده است. مطالبی که در این فصول ارائه می‌شوند به شرح زیر می‌باشند.

در فصل دوم در دو بخش به بررسی ادبیات موضوع پرداخته می‌شود. در بخش اول ابتدا مفاهیم و رویکردهای مواجه با عدم قطعیت و معیارهای استواری بیان می‌شود. سپس مطالعات صورت گرفته در زمینه برنامه‌ریزی تولید استوار و مدل‌های پایه مرتبط با آن به‌طور مختصر شرح داده می‌شود. در بخش دوم این فصل ابتدا مفاهیم پایه مسئله تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید بیان می‌شود. سپس روند توسعه مسئله عمومی تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید به‌صورت همزمان، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه دو رویکرد مورد بررسی برای مدل تعیین همزمان اندازه دسته و زمان‌بندی همراه با مدل‌های پایه آن معرفی می‌شود.

در فصل سوم ابتدا به معرفی مسئله مورد مطالعه، فرضیات و تابع هدف آن پرداخته می‌شود. در قسمت بعد دو مدل ریاضی برای مسئله استواری با دو معیار مختلف ارائه می‌شود. این دو معیار هر دو از رویکرد سناریومحور استفاده می‌کنند که مفهوم سناریوها در هرکدام متفاوت است. در معیار اول از اختلاف عملکرد واقعی از مقادیر بهینه سناریوها به همراه هزینه کمبود استفاده می‌شود. معیار دوم بر اساس بدترین نمونه است با این تفاوت که در این معیار همواره بدترین حالت در نظر گرفته نمی‌شود بلکه میزان ریسک شخص تصمیم‌گیرنده قابل تنظیم است. در انتها دو روش الگوریتم ابتکاری افق غلطان برای حل مدل‌ها در ابعاد بزرگ به‌طور مختصر شرح داده می‌شود.

در فصل چهارم ابتدا نحوه تولید داده‌ها برای مدل‌ها و سناریوهای مربوط به هر مدل بیان می‌گردد. در ادامه با استفاده از مسائل نمونه رفتار هر مدل مورد بررسی قرار گرفته و با دو مدل دیگر مقایسه می‌گردند. برای مقایسه مدل‌ها از چندین معیار استفاده می‌شود تا بهترین مدل در شرایط مختلف تصمیم‌گیری مشخص گردد. سپس مدل‌های ارائه شده با استفاده از الگوریتم ابتکاری حل شده و از نظر خطای جواب‌های به‌دست آمده و زمان حل، با یکدیگر مقایسه می‌شوند. در فصل پنجم نیز به جمع بندی و ارائه پیشنهادات برای ادامه تحقیق پرداخته می‌شود.

فصل دوم

مروری بر ادبیات موضوع

در این فصل با توجه به مقدمات گفته شده در فصل قبل به بررسی مفاهیم و مطالعات مربوط بـه مسـئله مـورد تحقیق پرداخته شده است. مباحث به دو بخش کلی تقسیم شده است. در بخش اول ابتدا به مفـاهیم مربـوط بـه عـدم قطعیت و معیارهای استواری و مطالعات انجام شده در این زمینه پرداخته شده است. سپس مدل‌های پایه برنامـه‌ریـزی تولید استوار به‌طور مختصر شرح داده شده است. در بخش دوم مفاهیم مربوط به اندازه دسته و زمان‌بندی و مطالعات انجام شده در زمینه تعیین همزمان اندازه دسته و زمان‌بندی و مدل‌های پایه مربـوط بـه آن کـه بـر اسـاس دو رویکـرد کلی مطرح شده برای مدل است، آورده شده است.

۲-۱ بخش اول عدم قطعیت و بهینه‌سازی استوار

در این بخش ابتدا رویکردهای مواجه با عدم قطعیت شرح داده می‌شود. سپس به تفضیل به بررسـی رویکـرد استواری و مفاهیم مربوط به آن و مطالعات انجام شده در این زمینه پرداخته شده است. در نهایت مدل‌های پایـه ارائـه شده در این زمینه و توسعه‌های آن‌ها آورده شده است.

۲-۱-۱ رویکردهای مواجه با شرایط عدم قطعیت

در ادبیات موضوع محققان چهار رویکرد اصلی برای مواجهه با عدم قطعیت در نظر گرفته‌اند[۳].

- رویکرد برنامه‌ریزی احتمالی [٤، ٥]
- رویکرد برنامه‌ریزی فازی [٦، ٧]
- رویکرد برنامه‌ریزی احتمالی پویا [٨]
- رویکرد بهینه‌سازی استوار [٩، ١٠]

که رویکرد برنامه‌ریزی احتمالی شامل دو گروه توزیع محور[1] و سناریو محور[2] می‌باشد. لازم به ذکر است در برخی مراجع رویکردهای واکنشی و آنالیز حساسیت را نیز به‌عنوان روشی برای مقابله با عدم قطعیت به شمار آورده‌اند [١]. در ادامه هر یک از رویکردها به صورت اجمالی توضیح داده می‌شود.

الف- رویکرد برنامه‌ریزی احتمالی

برنامه‌ریزی احتمالی بسته به نوع مسئله می‌تواند یک مرحله‌ای، دو مرحله‌ای یا چند مرحله‌ای باشد. به‌طور کلی رویکرد برنامه‌ریزی احتمالی برای مقابله با عدم قطعیت از دو روش استفاده نموده است؛ روش توزیع محور و روش سناریو محور [٣].

روش توزیع محور زمانی استفاده می‌شود که یک بازه پیوسته برای نتایج آتی به صورت بالقوه قابل پیش‌بینی باشد. مزیت روش این است که با تخصیص تابع توزیع احتمال به یک بازه پیوسته از نتایج ممکن، دیگر نیازی به پیش‌بینی دقیق سناریوها نیست اما در این روش، پیچیدگی استفاده از تابع توزیع، تعداد پارامترهای غیرقطعی در نظر گرفته شده را محدود می‌کند.

در روش سناریو محور عدم قطعیت به‌وسیله تعریف مجموعه‌ای از سناریوهای گسسته، پیش‌بینی می‌کند که عدم قطعیت در آینده چگونه اثر می‌گذارد. هر سناریو دارای یک سطح احتمال است که نشان‌دهنده انتظار تصمیم‌گیرنده از وقوع یک سناریوی خاص است. مزیت روش این است که هیچ محدودیتی برای تعداد پارامترهای غیرقطعی در نظر گرفته شده، وجود ندارد. این رویکرد اشکالاتی نیز دارد. مشکل اصلی این روش این است که با افزایش تعداد سناریوها، اندازه مسئله به‌صورت نمایی افزایش می‌یابد.

---

1 Distribution-based approach

2 Scenario-based approach

ب- رویکرد برنامه‌ریزی فازی

مواقعی که توزیع احتمال ورودی‌های مسئله نامعلوم باشد، از رویکرد برنامه‌ریزی فازی استفاده می‌شود. به‌طور مثال در یک مسئله زمان‌بندی، زمان اجرای کارها توسط افراد متخصص تخمین زده می‌شود و چون زمان‌های به‌دست آمده اغلب غیرتکراری و حتی منحصر به‌فرد هستند، تصمیم‌گیرنده با ابهام و به‌صورت غیردقیق تصمیم‌گیری می‌کند. در این حالت تصمیم‌گیرنده به‌جای عدم قطعیت با ابهام مواجه می‌باشد و اغلب توصیه شده است که جهت مدل‌سازی زمان انجام کارها به‌جای استفاده از متغیرهای تصادفی و توزیع‌های احتمال از اعداد فازی و توابع عضویت استفاده شود[۱].

ج- رویکرد برنامه‌ریزی احتمالی پویا

برنامه‌ریزی احتمالی پویا یک شیوه بهینه‌سازی است که مسئله‌های پیچیده را به دنباله‌ای از مسئله‌های ساده تبدیل می‌کند. مشخصه اصلی آن در ماهیت چند مرحله‌ای این روش بهینه‌سازی است. برنامه‌ریزی احتمالی پویا یک چارچوب کلی برای تجزیه و تحلیل خیلی از مسئله‌ها ارائه می‌دهد. در این چارچوب روش‌های گوناگونی از بهینه‌سازی برای حل صور مختلف مسئله‌ها قابل به‌کارگیری می‌باشد.

د- رویکرد بهینه‌سازی استوار

رویکرد بهینه‌سازی استوار یکی از جدیدترین رویکردها در مواجهه با عدم قطعیت داده‌های یک مسئله برنامه‌ریزی می‌باشد. با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی استوار می‌توان برنامه اولیه را به‌نحوی ایجاد کرد که تغییر داده‌ها حین اجرای برنامه تا حد ممکن کمترین تغییرات را در برنامه اولیه سبب شود. در هر مسئله بهینه‌سازی به جوابی استوار گویند که تغییر داده های یک مسئله در شرایط واقعی تأثیر قابل توجهی در مقدار اولیه تابع هدف نداشته و جواب اولیه هم‌چنان یک جواب خوب باقی بماند. در نتیجه اگر تغییرات به‌وجود آمده در داده‌ها در حین اجرای برنامه، تأثیر قابل توجهی بر مقدار تابع هدف اولیه نداشته باشد آن‌گاه برنامه استوار است. در رویکرد بهینه-سازی استوار با پیش‌بینی تغییراتی که ممکن است در حین اجرای برنامه به‌وجود آید، یک برنامه اولیه ایجاد می‌شود. برای پیش‌بینی این تغییرات می‌توان از اطلاعاتی راجع به ویژگی‌های تغییرات مانند توزیع احتمال داده‌های غیرقطعی استفاده کرد. در واقع بهینه‌سازی استوار یک برنامه اولیه ایجاد می‌کند که اثر اختلالات ناشی از عدم قطعیت داده‌ها را روی معیار عملکرد حداقل کند[۱].

به‌طور کلی رویکردهای استواری تغییرات تصادفی را به‌وسیله در برداشتن اطلاعات غیرقطعی در نظر گرفته و تلاش می‌کنند برنامه یا زمان‌بندی بسازند که با احتمال زیاد قابل اعتماد باشد و جواب به‌دست آمده، بهینه یا

نزدیک به بهینه باشد؛ به‌عبارت دیگر در بهینه‌سازی استوار هدف یافتن راه‌حلی است که برای اکثر داده‌های ورودی ممکن، شدنی و در برخی حالات بهینه باشد و درعین‌حال با عدم قطعیت مقابله کند. البته باید توجه داشت از آنجا که هیچ وقت احتمال اختلال در برنامه‌ریزی و زمان‌بندی به صفر نمی‌رسد، با استفاده از بهترین روشِ استوار نیز ممکن است برنامه دچار اختلال شود[۲].

مدل‌های برنامه‌ریزی احتمالی از نظر سبک مشابه مدل‌های بهینه‌سازی استوار هستند، اما این مزیت را دارند که توزیع‌های احتمالی حاکم بر داده‌ها شناخته شده است یا می‌توان آن را برآورد نمود[۲]. در مقابل روش بهینه‌سازی استوار در مقایسه با روش‌های برنامه‌ریزی احتمالی دو مزیت مهم دارد[۱۱]؛ اولاً روش‌های استوار از نظر محاسباتی مستقل از تعداد پارامترهای عدم قطعیت، مسئله همچنان قابل‌کنترل و مهارکردنی باقی می‌ماند. از سوی دیگر در رویکردهای برنامه‌ریزی احتمالی دو مرحله‌ای تعداد سناریوهایی که لازم است با متغیرهای تصادفی جایگزین شود ممکن است زیاد باشد که خود به خود بر سختی مسئله می‌افزاید. ثانیاً در بهینه‌سازی استوار اطلاعات دقیق مربوط به توزیع‌های احتمالی داده‌های غیرقطعی لازم نیست. درحالی‌که داده‌های پیشین و تجربیات تصمیم‌گیرندگان می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد تا بازه‌های عدم قطعیت در برخی موارد به‌دست آید. اما برنامه‌های احتمالی دومرحله‌ای به توزیع‌های احتمالی داده‌های غیرقطعی برای تولید سناریوها احتیاج دارند.

۵- رویکرد برنامه‌ریزی واکنشی

در رویکردهای واکنشی در ابتدا که برنامه یا زمان‌بندی ایجاد می‌شود، عدم قطعیت در نظر گرفته نمی‌شود ولی در مقابل زمانی‌که اتفاقات پیش‌بینی نشده رخ می‌دهند یا پارامترها تغییر می‌کنند با اصلاح برنامه یا زمان‌بندی اولیه و یا در صورت لزوم ایجاد یک برنامه یا زمان‌بندی جدید به عدم قطعیت پاسخ می‌دهند. فلسفه وجودی رویکرد واکنشی، ارائه روشی برای رفع اختلالات برنامه یا زمان‌بندی اولیه است به نحوی که مقدار انحراف از تابع هدف اولیه حداقل شود. معمولاً در رویکرد زمان‌بندی واکنشی به نحوه ایجاد برنامه یا زمان‌بندی اولیه پرداخته نمی‌شود چرا که نقش اصلی این رویکرد، اصلاح برنامه یا زمان‌بندی پس از به‌وجود آمدن اختلالات است. بنابراین اگر در برنامه یا زمان‌بندی از رویکرد بهینه‌سازی استوار استفاده شود لازم است که رویکرد واکنشی نیز برای مواجهه با اختلالات احتمالی به‌کارگرفته شود. به‌عبارت دیگر، قبل از اجرا با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی استوار یک برنامه اولیه ایجاد می‌شود و در حین اجرای برنامه در صورت بروز تغییرات احتمالی از رویکرد واکنشی استفاده می‌شود[۱].

و- آنالیز حساسیت

آنالیز حساسیت معمولاً با پاسخ به سؤال "اگر ... آن‌گاه چه می‌شود؟" انجام می‌گیرد. قسمت شرطی این سؤال در مورد تغییر مقادیر داده‌ها است. در آنالیز حساسیت معمولا به مسائلی از قبیل حداکثر تغییر یک پارامتر بدون تغییر در جواب، تغییرات تابع هدف در اثر تغییر روی پارامترهای مختلف، میزان مقاومت جواب بهینه به تغییر پارامترها و مواردی از این قبیل پرداخته شده است.

یکی از فرضیات عمومی در مسائل برنامه‌ریزی تولید و زمان‌بندی، قطعی بودن پارامترها می‌باشد. این فرض در بسیاری از تحقیقات نادیده گرفته شده است. در این بخش هر یک از رویکردهای مواجهه با عدم قطعیت به‌طور مختصر مطرح گردیدند. همان‌طور که اشاره شد رویکرد استواری یکی از رویکردهای مناسب برای مواجهه با عدم قطعیت است که در بخش‌های بعد به بررسی بیشتر این رویکرد پرداخته شده است.

۲-۱-۲ معیارهای برنامه‌ریزی تولید و زمان‌بندی استوار

در بخش قبل رویکردهای مواجهه با عدم قطعیت به‌طور مختصر شرح داده شد. در این بخش به بررسی بیشتر مفاهیم بهینه‌سازی استوار و معیارهای استواری پرداخته شده است. در رویکرد بهینه‌سازی استوار، یک جواب استوار جوابی است که در هنگام مواجهه با عدم قطعیت از حساسیت پایینی برخوردار است، در عین حال معیار عملکرد اصلی مسئله را تا حد مطلوبی برآورد می‌نماید؛ به‌عبارت دیگر ممکن است این جواب معیار عملکرد اصلی مسئله را به طور کامل ارضا نکند اما در عین حال به شرایط محیطی غیرقابل‌کنترل یا عدم قطعیت حساس نیست یا حساسیت کمی دارد[۱۲]. با توجه به این تعریف، یک برنامه تولید استوار برنامه‌ای است که بدون در نظر گرفتن تغییرات ناشی از عدم قطعیت مربوط به فرآیند تولید به خصوص عدم قطعیت ناشی از تغییر زمان‌های تحویل، تغییر تقاضای محصول تمام شده، تغییر قیمت‌ها و هزینه‌های تولید و خراب شدن یا شکست‌های غیرمنتظره تجهیزات تولیدی، همچنان معتبر باقی بماند(یعنی امکان‌پذیر باشد یا تبدیل کردن آن به یک برنامه امکان‌پذیر، ارزان باشد)[۱۳].

سه جزء مهم در استفاده از رویکرد استواری در تصمیم‌گیری وجود دارد که در یک چارچوب تصمیم‌گیری نظام‌مند ارائه شده است[۱٤].

- ✓ استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی سناریو برای ساختار غیرقطعی داده‌ها برای موقعیت‌های تصمیم
- ✓ انتخاب معیار(های) استواری مناسب برای موقعیت تصمیم
- ✓ توسعه مدل تصمیم