بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی صنایع و سیستمها

تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید به صورت هم‌زمان برای فلوشاپ انعطاف‌پذیر

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع

معصومه مهدیه

استاد راهنما

دکتر مهدی بیجاری

استاد مشاور

دکتر ناصر ملاوردی

۱۳۸۷

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی صنایع و سیستمها

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع خانم معصومه مهدیه

تحت عنوان

تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید به صورت هم‌زمان برای فلوشاپ انعطاف‌پذیر

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه دکتر مهدی بیجاری

۲- استاد مشاور پایان‌نامه دکتر ناصر ملاوردی

۳- استاد داور دکتر قاسم مصلحی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده دکتر مهدی بیجاری

تشکر و قدردانی

سُبْحانَکَ لاعِلْمَ لَنا اِلّا ما عَلَّمْتَنا اِنَّکَ اَنْتَ العَلیمَ 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»

حمد و سپاس مخصوص خداوندی است که سرای ملک بیاراست تا رحمت خویش را بنمایاند.

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

از استاد گرانقدر و بسیار عزیزم جناب آقای دکتر بیجاری به سبب راهنمایی ایشان در جهت پیشبرد شایسته این تحقیق و زحمات ایشان به عنوان یک استاد مهربان در طول شش سال تحصیلم در دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد در دانشگاه صنعتی اصفهان، بسیار سپاسگزارم. مراتب سپاس خود را از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر ملاوردی که در موارد لازم از راهنمائی‌های ارزنده ایشان بهره‌مند بوده‌ام، ابراز می‌دارم. همچنین از استاد محترم جناب آقای دکتر مصلحی که با پیشنهادات اصلاحی و سازنده خود کمک شایانی به بهتر شدن تحقیق حاضر نموده‌اند، بسیار سپاسگزارم. برخود واجب می‌دانم که از همه اساتید دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها به سبب روزهای سراسر خاطره‌ی علم‌آموزی صمیمانه تشکر کنم.

در نهایت از تمامی دوستان بسیار خوب و ارزشمندم به خاطر تمامی لحظات شیرین با هم بودن صمیمانه سپاسگزارم.

معصومه مهدیه

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

تقدیم به

گنجینه‌های هستی‌ام

مادر و پدر عزیزم

دو خواهر و برادر مهربانم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب.....هشت
چکیده.....۱
فصل اول: کلیات.....۲
۱-۱- مقدمه.....۲
۱-۲- اهمیت و تبیین مسئله.....۳
۱-۳- هدف تحقیق.....4
۱-4- فرضیات تحقیق.....۵
۱-5- مروری بر فصول رساله.....٦
فصل دوم: مروری بر ادبیات موضوع.....۷
۲-۱- مقدمه.....۷
۲-۲- مفاهیم تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید.....۷
۲-۳- مدل‌های پایه زمان‌بندی و تعیین اندازه دسته ۹
۲-۳-۱-مدل EOQ و ELSP.....۱۰
۲-۳-۲-مدل CLSP.....۱۱
۲-۳-3- مدل DLSP.....۱۳
۲-۳-4- مدل CSLP.....۱۵
۲-۳-5- مدل PLSP.....۱٦
۲-۳-6- مدل GLSP.....۱۷
۲-۳-7- مدل BSP.....۲۰
۲-٤- توسعه مدل‌های پایه.....۲۲
۲-٤-1-زمان‌بندی و تعیین اندازه دسته برای حالت چند سطحی.....۲۲
۲-٤-۲-زمان‌بندی و تعیین اندازه دسته برای حالت چند ماشینی ۲۵
۲-۵- سیستم تولید چند مرحله‌ای.....۳۲
۲-۵-۱-مروری بر مفهوم و تاریخچه فلوشاپ انعطاف‌پذیر ۳۲
۲-۵-۲-مدل MCLSLP.....۳۵
فصل سوم: مدل‌سازی مسئله.....۳۹
۳-۱- مقدمه.....۳۹
۳-2- مدل تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید برای فلوشاپ انعطاف‌پذیر.....٤۰

۳-۲-1- مدل اول GLSP-FFS ۴۳
۳-۲-۲- مدل دوم GLSP-FFS ۴۹
۳-۲-3- مدل سوم GLSP-FFS ۵۲
۳-3- مقایسه مدل‌ها ۵۵
۳-۳-۱-بررسی متغیرهای مدل‌های دوم و سوم ۵۵
۳-۳-۲-بررسی محدودیت‌های مدل‌های دوم و سوم ۵۶
فصل چهارم: الگوریتم‌های حل مسئله 58
۴-۱- مقدمه 58
۴-۲- مروری بر روش‌های حل مدل‌های پیشین 58
۴-۳- روش‌های حل مدل GLSP-FFS 61
۴-۳-۱-الگوریتم LR 61
۴-۳-۲-الگوریتم‌های ابتکاری استفاده شده در تکنیک LR 68
۴-۳-۳-شبیه‌سازی آنیل کردن (SA) 79
4-4-ارائه جواب امکان پذیر در صورت وجود توسط الگوریتم‌های بیان شده 88
فصل پنجم: آزمایشات و نتایج عددی ۸۹
۵-۱- مقدمه ۸۹
۵-۲- تولید مسائل تست 89
۵-۳- مقایسات عددی مدل دوم و سوم ۹۲
۵-۴- حل کننده CPLEX ۹۴
۵-۵- برنامه نویسی ۹۴
۵-۶- تنظیم پارامتر ۹۵
۵-۷- نتایج عددی 96
فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۰۱
۶-۱- جمع‌بندی ۱۰۱
۶-۲- پیشنهادات ۱۰۴
مراجع ۱۰۵

چکیده

در این تحقیق, مسئله عمومی تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید در سیستم فلوشاپ انعطاف‌پذیر (GLSP-FFS) مورد بررسی قرار گرفته است. در ادبیات موضوع مسئله تعیین اندازه دسته تولید و زمان‌بندی آن به صورت هم‌زمان بر روی سیستم فلوشاپ انعطاف‌پذیر بررسی نشده است. مسئله GLSP-FFS, تعیین هم‌زمان اندازه دسته و زمان‌بندی تولید محصولات مختلف در سیستم تولید چند مرحله‌ای به صورت سری و با وجود ماشین‌های موازی در هر مرحله به منظور برآورده ساختن تقاضاهای قطعی و پویا در افق زمانی محدود است. هر یک از محصولات می‌توانند روی هر یک از ماشین‌ها با نرخ تولید, زمان‌ها و هزینه‌های آماده‌سازی وابسته به توالی تولید مختلف تولید شوند. در این تحقیق سه مدل ریاضی برای مسئله مذکور طراحی شده و کارائی هر یک از آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. هم‌چنین یک الگوریتم شبیه‌سازی آنیل کردن و یک الگوریتم ترکیبی شامل الگوریتم شبیه‌سازی آنیل کردن و آزادسازی لاگرانژ ارائه شده است. در نهایت آزمایشات عددی نشان‌دهنده کارائی الگوریتم‌های حل در مقایسه با جواب‌های نرم‌افزار GAMS هستند.

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

با وجود تمایلات فراوان به سمت جهانی شدن اقتصاد فشار رقابت در بازار جهانی افزایش یافته است. تعداد بیشماری از شرکت‌ها با تلاش در جهت هر چه بهتر برآورده ساختن نیازهای مشتریان خود در این صحنه به رقابت می‌پردازند. به منظور رسیدن به این هدف باید به سمت افزایش تنوع محصولات و کوتاه کردن زمان تحویل حرکت کرد. هر دو گام احتیاج به سیستم‌های قوی و جامع برنامه‌ریزی تولید دارد که از سه بخش برنامه‌ریزی بلندمدت (استراتژیک), برنامه‌ریزی میان‌مدت (تاکتیکی) و برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت (تکنیکی) تشکیل شده است. تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید یکی از مباحث مفصل و مهم در بخش برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت است که به تصمیمات میان‌مدت یا سربرنامه‌تولید (MPS)[1] مرتبط است. سربرنامه تولید صورت یا بیانی است از آنچه که شرکت قصد دارد تولید کند. به عبارت دیگر MPS یک برنامه زمان‌بندی شده بر حسب مقدار و موعد تحویل برای اقلام سطح بالاست.

[1] Master Production Schedule

تعیین اندازه دسته و توالی اقلام مختلف تولیدی یکی از مسائل مهم برنامه‌ریزی کوتاه مدت می‌باشد, زیرا در صورتی که توالی و اندازه دسته تولید بخوبی تعیین نشوند، از یک سو با موجودی زائد روبه‌رو خواهیم شد و از سوی دیگر زمان‌های آماده‌سازی سبب کاهش زمان در دسترس ماشین شده و تقاضای برآورد نشده خواهیم داشت که در نهایت منجربه کمبود می‌شود.

۱-۲- اهمیت و تبیین مسئله

همان‌طورکه گفته شد تولید کارا و اقتصادی یک کارخانه بستگی زیادی به تصمیمات مدیریت درباره زمان بندی تولید و اندازه‌ی دسته‌های تولیدی دارد. تعداد بسیار زیاد مقالاتی هم که در این زمینه منتشر شده گواه این موضوع است. کاربرد این مسئله در کارخانه‌های مختلف تولیدی مانند کارخانه‌های تولید ساینده‌ها (مانند کاغذ سمباده), نگاتیو فیلم و تعداد زیادی از تولیدکننده‌های محصولات شیمیایی می‌باشد. در [1] مورد کارخانه کوداک استیمن[1] همراه با شبیه‌سازی و تحلیل نتایج آورده شده است. به همین ترتیب نمونه-هایی از کاربرد مسئله تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید به همراه مدل‌سازی ریاضی آن در کارخانه‌های تایر[2] [2], فایبرگلاس اونز-کرنینگ[3] [3] و صنایع داروسازی [4] آورده شده است. در سال ۲۰۰۱ روش-ابتکاری برای حل مسئله تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید درصنایع تولید تنباکو[5] ارائه شد. هم چنین در سال ۲۰۰۶ مقاله‌ای در ارتباط با مسئله تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید برای کارخانه نساجی[6] ارائه شده است.

دراین رساله هدف تعیین هم‌زمان اندازه دسته و زمان‌بندی تولید برای سیستم فلوشاپ انعطاف‌پذیر است. فلوشاپ انعطاف‌پذیر یکی از رایج‌ترین سیستم‌های تولیدی است. این سیستم طبق تعریف لین و ژانگ [7] ترکیب سیستم فلوشاپ و ماشین‌های موازی است. در این حالت خط تولید شامل چندین مرحله تولیدی و به صورت سری است که توسط بافرهای میانی از هم جدا شده‌اند. هر مرحله دارای یک یا چند ماشین موازی می‌باشد. خط تولید قابلیت تولید محصولات متفاوت را دارد.

تصمیمات مربوط به تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید کاملا به هم وابسته است. بدین معنی که تعیین برنامه‌ی زمان‌بندی بدون دانستن اندازه دسته‌های تولیدی غیرممکن بوده و از سوی دیگر تعیین اندازه دسته

---

[1] Eastman Kodak Factory

[2] Tire Production

[3] Owens-Corning Fiberglas

بهینه تولید بدون دانستن ماشین مربوطه و توالی تولید امکان‌پذیر نمی‌باشد. کوات در سال ۲۰۰۴ [8] بیان می-کند که هیچ ادبیات موضوعی در ارتباط با ترکیب مسئله تعیین اندازه دسته تولید و زمان‌بندی آن برای سیستم فلوشاپ انعطاف‌پذیر وجود ندارد. در سال ۱۹۹۷ لی و همکاران [9] رویکردی را بر اساس الگوریتم ژنتیک برای زمان‌بندی فلوشاپ انعطاف‌پذیر با اندازه دسته‌ی متغیرارائه دادند. در این مقاله به نقل از کوات نه تنها مبحث ماشین‌های موازی (نویسنده تعریف خود را از فلوشاپ انعطاف‌پذیر به درستی بیان نکرده است) بلکه تصمیمات مربوط به تعیین اندازه دسته نیز پوشش داده نشده است. در حقیقت آن‌ها مسئله زمان‌بندی و بچینگ را برای فلوشاپ استاندارد با وجود یک ماشین در هر مرحله بررسی کرده‌اند. در سال 2004 کوات [8] در کتابی با عنوان تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید برای فلولاین انعطاف‌پذیر مسئله مذکور را با فرضیاتی از قبیل یکپارچه کردن محصولات به خانواده محصول, تقاضای قطعی و گسسته, مجاز بودن کمبود و غیره را برای یک کارخانه‌ی تولید شبه هادی مورد بررسی قرار داده است. در این کتاب برای کل مسئله مدل ریاضی یکپارچه‌ای ارائه نشده و برای تعریف مسئله از فرضیات خاص و در بعضی موارد ساده کننده استفاده شده است. به طور مثال برای حل مسئله با استفاده از فرض وجود مرحله گلوگاه در بین مراحل تولیدی, ابتدا مرحله گلوگاه را با یک الگوریتم ابتکاری حل کرده و سپس بقیه مراحل را با توجه به آن برنامه‌ریزی می‌کند.

۱-۳- هدف تحقیق

با توجه به مطالعات انجام شده تا کنون مدل ریاضی و راه‌حل جامعی برای مسئله تعیین اندازه و زمان-بندی تولید به طور هم‌زمان برای سیستم فلوشاپ انعطاف‌پذیر ارائه نشده است. نظر به مطالب ذکر شده هدف تحقیق در این رساله تعیین هم‌زمان اندازه دسته و زمان‌بندی تولید برای سیستم فلوشاپ انعطاف‌پذیر و ارائه مدل ریاضی مناسب برای آن است. تابع هدف مسئله کمینه‌کردن هزینه‌های نگهداری, کمبود و آماده‌سازی وابسته به توالی تولید است و تعیین می‌شود که از چه محصولی به چه مقدار, روی چه ماشینی و به چه ترتیبی باید تولید شود. در حقیقت اندازه دسته و توالی تولید روی ماشین‌های مراحل مختلف تعیین می‌شود. در این رساله برای مسئله مطرح شده, سه مدل ریاضی طراحی شده و کارائی هر یک از مدل‌ها مورد بررسی قرار

گرفته است. سپس برای حل آن دو الگوریتم فراابتکاری شامل الگوریتم شبیه‌سازی آنیل کردن[1] (SA) و الگوریتم ترکیبی آزادسازی لاگرانژ[2] به همراه شبیه‌سازی آنیل کردن (LR-SA) ارائه شده است.

۱-۴- فرضیات تحقیق

در این تحقیق ساختار محصولات تک سطحی وساختار تولید چند مرحله‌ای است. محصولات باید از مراحل تولیدی دارای ساختار فلوشاپ انعطاف‌پذیر عبور کنند. در هر مرحله یک یا چند ماشین موازی وجود دارد. ماشین‌های هر مرحله از نظر تکنیکی مشابه هستند وتمامی آن‌ها قابلیت تولید محصولات مختلف را دارند. ماشین‌ها از نظر نرخ تولید و زمان آماده سازی با هم تفاوت دارد. ظرفیت در دسترس ماشین‌ها محدود و مقدار معین و متفاوتی در هر دوره و در هر مرحله می‌باشد. افق زمان برنامه‌ریزی محدود یا متناهی است و به دوره‌هایی با طول زمانی مساوی تقسیم می‌شود. تقاضا برای محصول نهایی یعنی محصول مرحله آخر به صورت پویا تعریف شده و در انتهای هر دوره برآورده می‌شود. تقاضای بقیه مراحل با توجه به تولید مرحله بالاتر, در مدل تعیین می‌شود. کمبود فقط برای محصول نهایی همان محصول مرحله آخر مجاز است و توسط درصد مشخصی از تقاضای هر دوره محدود می‌شود. نرخ تولید ماشین‌ها در افق برنامه ریزی ثابت بوده و به زمان وابسته نیست. تعویض محصول و تولید محصول جدید بر روی ماشین مستلزم انجام آماده-سازی است که در این زمان ماشین قابلیت انجام هیچ پروسه‌ی تولیدی دیگری را ندارد. زمان‌ها و هزینه‌های آماده‌سازی, وابسته به توالی تولید هستند. هر محصول در هر مرحله و در هر دوره می‌تواند روی چند ماشین مختلف تولید شود. این فرض اجازه شکست دسته[3] را به تولید می‌د هد. زمان پیشبرد تولید مراحل مختلف در نظر گرفته نمی‌شود. ظرفیت ماشین‌های مراحل مختلف می‌تواند با هم متفاوت و به زمان وابسته باشند. در ابتدای افق برنامه‌ریزی روی هر ماشین برای یک محصول مشخص آماده‌سازی انجام شده است. ماشین‌ها دارای خاصیت حفظ حالت آماده‌سازی[4] بوده یعنی در صورت بیکاری ماشین در یک یا چند دوره, وضعیت آماده‌سازی ماشین حفظ می‌شود.

---

[1] Simulated Annealing

[2] Lagrangean Relaxation

[3] lot-splitting

[4] conservation setup state

۱-۵- مروری بر فصول رساله

در فصل دوم در ابتدا راجع به مفاهیم تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید و هم‌چنین مفاهیم مشابه آن‌ها توضیحاتی آورده شده سپس مدل‌های پایه مسائل تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید به همراه تاریخچه آن-ها مورد بررسی قرار گرفته است. علاوه بر مطالب ذکر شده در فصل دوم به مدل‌های توسعه یافته بر اساس مدل‌های پایه, سیستم‌های تولید چند مرحله‌ای و مدل‌های توسعه یافته برای این سیستم‌ها نیز اشاره‌ای شده است. در فصل سوم سه مدل ریاضی ارائه شده در این رساله برای مسئله تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید برای سیستم فلوشاپ انعطاف‌پذیر آورده شده و سپس الگوریتم‌های ارائه شده به منظور حل مسئله مورد نظر در فصل چهارم بیان شده است. در فصل پنجم آزمایشات و نتایج عددی آورده شده و در فصل ششم که فصل پایانی این رساله است به نتیجه‌گیری تحقیق انجام شده و پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی پرداخته شده است.

فصل دوم

مروری بر ادبیات موضوع

۲-۱- مقدمه

در بخش اول این فصل مفاهیم تعیین اندازه دسته[1] و زمان‌بندی تولید و هم‌چنین مفاهیم مشابه آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته, سپس مدل‌های پایه مسائل تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید به همراه تاریخچه آن‌ها در بخش دوم آورده شده است. در بخش سوم تعدادی از مدل‌های توسعه یافته‌ی مدل‌های پایه به فرضیاتی از قبیل چند سطحی و چند ماشینی مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت در بخش چهارم این فصل به سیستم‌های تولید چند مرحله‌ای و مدل‌های توسعه یافته برای این سیستم‌ها اشاره‌ای شده است.

۲-۲- مفاهیم تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید

مسئله تعیین اندازه دسته تولید به مفهوم مشخص کردن تعدادی از واحدهای یک محصول که باید در یک زمان مشخص با هم تولید شوند گفته می‌شود [10]. تقاضاهای مختلف محصولات در دوره‌های زمانی معینی رخ می‌دهد. معمولا در مسئله‌ی تعیین اندازه دسته به منظور کاهش تعداد دفعات آماده‌سازی و صرفه-جویی در زمان و هزینه, تقاضاهای دوره‌های مختلف یک محصول با هم یکی شده و در یک دوره تولید

[1] Lot-sizing

می‌شود. از طرف دیگر اگر محصولی قبل یا بعد از زمان تقاضایش تولید شود به ترتیب باعث ایجاد هزینه نگهداری و کمبود می‌شود. از این‌رو تابع هدف مسئله‌ی تعیین اندازه دسته تولید بالانس هزینه‌های آماده-سازی, نگهداری و کمبود است و معمولا دارای افق زمانی یک یا چند هفته می‌باشد.

مسئله زمان‌بندی[1] با جزئیات تولید از قبیل تعیین زمان‌های دقیق تولید و ماشین اختصاص داده به یک واحد محصول سروکار دارد. در این مسئله زمان‌های دقیق شروع و پایان تمامی کارها و توالی آن‌ها روی ماشین‌های مختلف مراحل به دست می‌آید. هدف مسئله زمان‌بندی تابعی از زمان می‌باشد. کمینه کردن زمان ختم یا کمینه کردن میانگین زمان شناوری در سیستم‌های چند مرحله‌ای دو نمونه از این نوع توابع هدف هستند.

در این بخش به دو مفهوم جریان دسته[2] و بچینگ[3] به دلیل کاربرد گسترده آن‌ها در سیستم‌های تولید چندمرحله‌ای مانند فلوشاپ و جابشاپ و برای روشن شدن تفاوت آن‌ها با مسئله تعیین اندازه دسته که در این رساله مورد بررسی قرار گرفته, اشاره‌ای شده است. اگر کارهایی که قرار است زمان‌بندی شوند مشابه باشند (به طور مثال وقتی چندین واحد گسسته از یک محصول باید تولید شود) مسئله بچینگ با مسئله زمان‌بندی ادغام شده و در آن مقدار متوالی از یک محصول که باید روی یک ماشین تولید شود تعیین می‌شود. به-عبارت دیگر در مسئله بچینگ تعداد آماده‌سازی‌های هر محصول تعیین می‌شود. مرور خلاصه بر روی یکپارچه کردن تصمیمات مربوط به مسئله بچینگ با تصمیمات مسئله زمان‌بندی توسط الله وردی و همکاران در سال ۱۹۹۹ [11] و پات و همکاران در سال ۲۰۰۰ [12] ارائه شده است.

t=1	t=2	.....	t=T
A=400 B=100 C=300	A=۳00 B=۲00 C=۲00	.....	A=۲00 B=100 C=۲00

شکل ۲-۱: مثال تعیین اندازه دسته

در بسیاری از نقاط دو مسئله تعیین اندازه دسته و بچینگ متفاوت هستند. در مسئله تعیین اندازه دسته مطابق شکل ۲-۱ تقاضاهای محصولات در هر دوره به عنوان ورودی به مسئله داده شده و طبق پروسه‌ای تقاضاها ترکیب یا تجزیه شده و دسته‌های تولیدی را تشکیل می‌دهند. در سوی دیگر در مسئله بچینگ فقط

[1] Scheduling

[2] Lot-streaming

[3] Batching or Batch Scheduling

یک دوره و از دید مسئله زمان‌بندی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مسئله کارهای (بچ‌های) مربوط به یک محصول با هم ترکیب شده و به ماشین تخصیص داده می‌شوند. از دیدگاه تابع هدف نیز دو مسئله تعیین اندازه دسته و بچینگ متفاوت می‌باشند. در مسئله تعیین اندازه دسته سعی بر کاهش هزینه‌ها است در صورتی که در مسئله بچینگ اهداف غیر هزینه‌ای و بیشتر اهداف مشابه با مسئله زمان‌بندی مثل کمینه‌سازی زمان ختم آخرین کار در نظر گرفته می‌شود.

جریان دسته یکی دیگر از مسائلی است که مانند بچینگ در ارتباط با فاز زمان‌بندی مطرح می‌شود. در مسئله‌ی جریان دسته برخلاف مسئله‌ی بچینگ کارها تجزیه شده و به بچ‌های کوچکتری تقسیم می‌شوند. این پروسه در سیستم‌های چندمرحله‌ای باعث استفاده بیشتر از ظرفیت ماشین و کاهش زمان ختم می‌شود. از نظر بقیه فرضیات مسئله جریان دسته مشابه مسئله بچینگ است.

۲-۳- مدل‌های پایه‌ی زمان‌بندی و تعیین اندازه دسته

می‌توان مسئله زمان‌بندی و تعیین اندازه دسته تولید را با توجه به فرضیات آن از چندین دیدگاه دسته-بندی کرد. کلرک و همکارش [13] در سال ۲۰۰۱ یک دسته‌بندی برای مدل‌های زمان‌بندی و تعیین اندازه دسته تولید ارائه کردند. آن‌ها مجموعه‌ای از مقالات منتشر شده تا سال ۲۰۰۱ را بر اساس روش‌های حل مدل‌ها طبقه‌بندی کردند. قبل از آن‌ها درکس و کیمس [14] در سال ۱۹۹۶ در مقاله‌ای مروری بر روی مدل-های تعیین اندازه دسته و زمان‌بندی تولید انجام دادند. نمونه‌ای چند از فرضیات مختلف در ارتباط با این مسائل به شرح زیر است.

- براساس دوره‌های زمانی (که به طور مثال به ظرف زمانی کوچک و بزرگ تقسیم می‌شود.)
- بر اساس زمان‌ها و هزینه‌های آماده‌سازی (در بعضی مدل‌ها فقط هزینه آماده‌سازی در نظر گرفته می‌شود.)
- وابسته بودن زمان‌ها و هزینه‌های آماده‌سازی به توالی تولید
- مجاز بودن کمبود یا عدم آن
- تک ماشینی یا چند ماشینی (ماشین‌های موازی)
- تک سطحی یا چند سطحی

با توجه به تنوع فرضیات موجود, واضح است که با طیف وسیعی از مدل‌ها و ترکیبات آن‌ها روبه‌رو هستیم. تمامی مدل‌های پایه در این زیر بخش مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۲-۳-۱- مدل EOQ[1] و ELSP[2]

تحقیقات روی مسئله تعیین اندازه دسته با مدل مقدار اقتصادی سفارش (EOQ) , [15,16] آغاز شد. فرضیات مدل EOQ شامل تولید تک قلمی[3] (تک محصولی),تک سطحی[4] و بدون محدودیت ظرفیت است. تقاضا برای کالا ایستا[5] می‌باشد. بدین معنی‌که با نرخ ثابت و به‌طور پیوسته اتفاق می‌افتد. مدل EOQ یک مدل زمانی پیوسته با افق برنامه‌ریزی نامحدود است. جواب بهینه در این مدل به‌راحتی قابل دستیابی است.

مدل ارائه شده بعد از مدل EOQ , مسئله برنامه زمان‌بندی اندازه دسته اقتصادی (ELSP) , [17,18] با فرضیات تولید چند قلمی,تک سطحی و در نظرگیری محدودیت ظرفیت است. در این مسئله مدل زمانی, پیوسته با افق برنامه‌ریزی نامحدود است. مدل ELSP, NP-hard [19] بوده و روش‌های ابتکاری حل آن توسط دابسون [20], گالگو و همکارش [21] و زیپکین [22] ارائه شده است.

یک فرض کاملا متفاوت با مدل EOQ , تقاضا در حالت پویا[6] است. بدین ترتیب‌که تقاضا در زمان-های متفاوت, مقدارهای متفاوت و از قبل شناخته شده یا حدس زده شده به خود می‌گیرد. مدل واگنر ویتین (WW)[7] مدلی با تقاضای پویا و افق زمانی محدود است که افق زمانی آن به چندین دوره گسسته با تقاضای مشخص در هر دوره تقسیم شده است. مدل WW, یک مدل تولید تک قلمی,تک سطحی و بدون محدودیت ظرفیت است. این مدل می‌تواند به عنوان مسئله‌ی کوتاهترین مسیر[8] دیده شود. روش‌های حل این مدل توسط اگاروال و همکارش [23], فدرگروئن و همکارش [24] و واگلمانز و همکاران [25] ارائه شده است. البته برخی از نویسندگان مانند هااوگن و همکاران [26] از مدلWW به عنوان یک الگوریتم حل برنامه‌ریزی پویا[9] برای مسئله تک محصولی و تک سطحی تعیین اندازه دسته یاد می‌کنند.

---

[1] Economic Order Quantity

[2] Economic Lot Scheduling Problem

[3] Single-Item

[4] Single-Level

[5] Stationary Demand

[6] Dynamic Demand

[7] Wagner Whitin

[8] Shortest Path Problem

[9] Dynamic Programming

۲-۳-۲- مدل CLSP[1]

به نقل از درکس و کیمس [14] مدل CLSP توسعه مدل WW با درنظرگیری محدودیت ظرفیت است. مشابه با مدل ELSP , مدل CLSP هم چند محصولی است. متغیرهای تصمیم و پارامترهای مدل CLSP به ترتیب در جداول ۲-۱ و2-2 و مدل ریاضی در ادامه آن‌ها آورده شده است. مدل ریاضی مسئله CLSP , MIP[2] است.

جدول۲-۱: متغیرهای تصمیم مدل CLSP

متغیرهای تصمیم مدل CLSP	
موجودی محصول j در لحظه t	I_{jt}
مقدار تولید محصول j در لحظه t	q_{jt}
متغیر صفر و یک, در صورت یک بودن نشان‌دهنده انجام آماده‌سازی برای تولید محصول j در لحظه t است	x_{jt}

جدول2-2: پارامترهای مدل CLSP

پارامترهای مدل CLSP	
ظرفیت در دسترس ماشین در لحظه t	C_t
تقاضای محصول j در لحظه t	d_{jt}
هزینه نگهداری غیر منفی محصول j	h_j
موجودی اولیه محصول j	I_{jo}
تعداد کل محصولات	J
ظرفیت مورد نیاز برای تولید یک واحد از محصول j	p_j
هزینه آماده‌سازی غیرمنفی محصول j	s_j
تعداد کل دوره‌ها	T

[1] The Capacitated Lot Sizing Problem

[2] Mix Integer Programming

$$Min \sum_{j=1}^{J}\sum_{t=1}^{T} s_j x_{jt} + h_j I_{jt} \qquad (1-2)$$

Subject to

$$I_{jt} = I_{j(t-1)} + q_{jt} - d_{jt} \qquad j = 1, \dots, J, t = 1, \dots, T \ (2-2)$$

$$p_j q_{jt} \le C_t x_{jt} \qquad j = 1, \dots, J, t = 1, \dots, T (3-2)$$

$$\sum_{j=1}^{J} p_j q_{jt} \le C_t \qquad t = 1, \dots, T \ (4-2)$$

$$x_{jt} \in \{0,1\} \qquad j = 1, \dots, J, t = 1, \dots, T \ (5-2)$$

$$I_{jt}, q_{jt} \ge 0 \qquad j = 1, \dots, J, t = 1, \dots, T \ (6-2)$$

محدودیت (2-1) بیان کننده‌ی هدف مسئله CLSP یعنی کمینه کردن هزینه‌های نگهداری و آماده-سازی است. معادله (2-2) بالانس موجودی را در هر دوره و برای هر محصول بیان می‌کند. محدودیت (2-3) نشان‌دهنده این موضوع است که تا برای محصولی روی ماشین آماده‌سازی انجام نشود تولید آن امکان-پذیر نمی‌باشد. محدودیت (2-4) مربوط به ظرفیت تولید در هر دوره است. متغیر آماده‌سازی به صورت متغیر صفرو یک در محدودیت (2-5) تعریف شده و محدودیت (2-6) نشان‌دهنده‌ی متغیرهای موجودی و تولید غیرمنفی است. مدل CLSP به عنوان مسئله ظرف زمانی بزرگ[1] [27] مطرح می‌شود. علت آن توانایی تولید چندین نوع محصول در یک دوره است. افق برنامه‌ریزی در این مسئله معمولا کمتر از شش ماه است. مسئله CLSP یک مسئله NP-hard [28] است. اگر آماده‌سازی مثبت در مدل مطرح باشد آن‌گاه امکان‌پذیری حل آن به صورت NP-complete [29] می‌شود. از این‌رو تعداد افراد کمتری روی حل آن به صورت بهینه [30,31,27] تلاش کرده‌اند و تعداد زیادی از مقالات در زمینه حل ابتکاری این مدل [32,33,34] منتشر شده است. گوپتا و مگنوسان [35] در سال ۲۰۰۵ دسته‌بندی بر روی مقالات مدل CLSP بر اساس فرض-های مبتنی بر زمان و هزینه‌های آماده‌سازی و وابسته بودن آن‌ها به توالی ارائه کردند. هااوگن و همکاران

[1] Big Bucket Problem