

دانشگاه علوم و فنون مازندران

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی صنایع- صنایع

برنامه زمان بندی تولید پیشرفته چند دوره ای با تقاضای احتمالی و محدودیت ظرفیت منابع
تولیدی

فصل اول : مقدمه و

کلیات

.....

1.....

1-1

.....مقدمه

.....

2

2-1 مفروضات

.....

.....

3

3-1 هدف از

.....اجرا

.....

3

4-1 توجیح ضرورت انجام

طرح

.....
4

5-1 روش پژوهش و روش های اجرایی

آن

.....
4

6-1 آرایش کلی

..... تحقیق

.....
5

فصل دوم : ادبیات و پیشینه

..... تحقیق

6.....

1-2

مقدمه

.....
7

2-5-2 اقسام برنامه ریزی

تولید

.....
13.....

1-2-5-2 برنامه ریزی بلند

مدت

13.....
.....

2-2-5-2 برنامه ریزی میان

مدت

14.....
.....

3-2-5-2 برنامه ریزی کوتاه

مدت

15.....
.....

6-2 برنامه ریزی مواد مورد

نیاز

15.....
.....

7-2 برنامه ریزی ظرفیت مورد

نیاز

16.....
.....

8-2 تولید

بهنگام

16.....
.....

9-2 برنامه ریزی تولید

ادغامی

17.....
.....

1-9-2 اهداف برنامه ریزی تولید

ادغامی

18.....
.....

2-9-2 نقش برنامه ریزی ادغامی در زنجیره

تامین

20.....
.....

2-9-3 پاسخ‌گویی به تغییرپذیری قابل پیش‌بینی در زنجیره

20.....تامین

2-9-4 برنامه ریزی ادغامی با استفاده از برنامه ریزی

24.....خطی

2-9-5 استراتژی های برنامه ریزی تولید ادغامی برای ارضای

25.....تقاضا

2-9-6 فرایند برنامه ریزی تولید

ادغامی

26.....

2-10 منطق

فازی

28.....

2-11 ویژگی های مدل های تعیین اندازه اندازه

انباشته

31.....

.....

1-11-2 افق برنامه ریزی

31.....

.....

2-11-2 راه اندازی

32.....

.....

3-11-2 سطح تولید

32.....

.....

4-11-2 تعداد محصول نهایی

33.....

.....

5-11-2 تقاضا

34.....

.....

6-11-2 ظرفیت

35.....

.....

7-11-2 کمبود

36.....

.....

8-11-2 محدودیت موجودی

36.....

.....

9-11-2 انبار

37.....

.....

10-11-2 زمان تحویل

37.....

.....

12-2 مروری بر تحقیقات

پیشین

38.....

.....

فصل سوم : مدل پیشنهادی و الگوریتم حل

آن

.....

46.....

1-3 مقدمه

47.....

.....

3-2 تعریف مسئله

47.....

.....

3-3 مفروضات

49.....

.....

3-4 علایم

49.....

.....

3-5 مدل پیشنهادی

51.....

.....

3-6 الگوریتم حل

52.....

.....

فصل چهارم : محاسبات و تحلیل

نتایج

.....

61.....

1-4

مقدمه

62.....
.....

2-4 مثال عددی

62.....
.....

فصل پنجم : نتیجه گیری و

پیشنهادات

.....
71.....

1-5

مقدمه

78.....
.....

2-5 خلاصه

فصول

78.....
.....

3-5

نتایج

79.....
.....

4-5 ارائه پیشنهادات برای تحقیقات آتی

79.....

منابع و مراجع

81.....

پیوست

89.....

Abstract

91.....

فهرست جداول

جدول (1-2) - دسته بندی کلی انواع مدل های عدم قطعیت در سیستم های

تولیدی.....30

جدول (1-4) - اطلاعات

مسئله.....63

جدول (2-4) - اندازه انباشته در دوره های مختلف

.....64

جدول (3-4) - هزینه تولید انباشته از دوره i تا دوره

..... 66 **ژم**

جدول (4-4) - شبکه هزینه

.....67

جدول (4-5) - نحوه پیدا کردن

مسیر بهینه.....70

منابع پارس پروانه

فهرست اشکال

شکل (2-1) - نمایش یک سیستم تولیدی

ادغامی.....18

شکل (1-3) - مساله تعیین اندازه انباشته

بهبینه.....48

منابع پارس پروانه

چکیده

برنامه‌ریزی تولید در واقع تخصیص و تعیین ترتیب اولویت‌های انجام کارها به صورت بهینه می‌باشد واضح است که برای یک واحد تولیدی حداقل نمودن هزینه و افزایش بهره‌وری اهمیت زیادی دارد بنابراین تنظیم فعالیت‌ها در برنامه به منظور حداقل کردن هزینه و افزایش بهره‌وری ضرورت دارد. در نظرگیری تقاضا به صورت متغیر تصادفی نتایج برنامه‌ریزی را به واقعیت نزدیک می‌کند. در حالتی که مقدار تقاضا متغیر تصادفی باشد مسئله بسیار پیچیده می‌شود. در این تحقیق با ارائه یک مدل تعیین اندازه انباشته با ظرفیت محدود¹ (CLSP) برای محیط‌های احتمالی اندازه انباشته بهینه بدست می‌آید تا مجموع کل هزینه‌ها بهینه گردد. محصول مورد نظر در طول افق زمان‌بندی متناهی و طی چند دوره تولید می‌شود که در پایان هر دوره مقداری از آن باید تولید و به مشتریان و بازار عرضه شود. با توجه به شرایط دنیای واقعی و عدم توانایی در تعیین میزان تقاضا به طور دقیق، میزان تقاضا بصورت احتمالی مورد بررسی قرار می‌گیرد و در هر دوره تقاضا مستقل از دوره‌های دیگر از یک توزیع احتمال پیروی می‌کنند. برای حل مدل تعیین اندازه انباشته بهینه با ظرفیت محدود از ترکیب دو الگوریتم حل *pdla* و کوتاهترین مسیر استفاده شده است که نتایج بدست آمده کارایی این ترکیب را برای حل مسئله CLSP نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی تولید، تقاضای احتمالی، مسئله اندازه انباشته با ظرفیت محدود

¹ capacitated lot sizing problem

فصل اول:

مقدمه و کلیات تحقیق

پروژه

1-1- مقدمه

برنامه‌ریزی تولید در واقع زمان‌بندی و تعیین ترتیب اولویت‌های انجام کارها به صورت بهینه می‌باشد واضح است که برای یک واحد تولیدی حداقل نمودن هزینه و افزایش بهره‌وری اهمیت زیادی دارد بنابراین نوبت‌بندی در برنامه به منظور حداقل کردن هزینه و افزایش بهره‌وری ضرورت دارد. بدلیل استفاده از برنامه‌ریزی تولید با تقاضای احتمالی در سیستم‌های تولید مطابق سفارش مشتری و سیستم‌های مونتاژ مطابق سفارش، اهمیت این نوع برنامه‌ریزی افزایش یافته است. در نظرگیری تقاضا به صورت متغیر تصادفی نتایج برنامه‌ریزی را به واقعیت نزدیک می‌کند. در حالی که مقدار تقاضا متغیر تصادفی باشد مسئله بسیار پیچیده می‌شود. داشتن یک برنامه زمان‌بندی تولید مناسب، تاثیر زیادی بر افزایش کارایی و دسترسی به اهداف سازمان دارد. مدل زمان‌بندی تولید در هر یک از سازمان‌های تولیدی با توجه به اهداف و اولویت‌های دسترسی به هر یک از آنها متفاوت است. بنابراین برای تعیین مدل زمان‌بندی مناسب در سازمان ابتدا باید اهداف، اولویت و محدودیت منابع مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به آن‌که در محیط واقعی با مسائل پویا و غیرقطعی مواجه هستیم. لذا ضرورت دارد در یک مدل ریاضی یکپارچه و با استفاده از مفاهیم احتمالی به تشریح مسله زمان‌بندی تولید پردازیم.

این تحقیق برای دستیابی به یک مدل ریاضی زمان‌بندی تولید و ارائه یک الگوریتم حل و تلاش در بهبود جواب نهایی می‌باشد

1-2- مفروضات:

ورودی‌های مدل شامل ورودی‌ها با مقادیر قطعی و ورودی‌ها با مقادیر احتمالی می‌باشد در این مدل فرض خواهد شد تقاضا به صورت احتمالی بیان می‌شود و سایر پارامترهای مدل به صورت قطعی در نظر گرفته می‌شود.

در این مسئله افق برنامه‌ریزی در H دوره زمانی تشکیل شده است و تقاضا در هر دوره غیرمنفی و مستقل از دیگر دوره‌ها و بصورت احتمالی با تابع چگالی مشخص می‌باشد. هزینه نگهداری (h_t) و هزینه کمبود (π_t) در پایان هر دوره محاسبه می‌شوند. در این مسئله نسبت هزینه کمبود به نگهداری را برابر P در نظر می‌گیریم. هزینه راه اندازی (A_t) در هر دوره تولیدی محاسبه می‌شود و هزینه راه اندازی در دوره‌ای محاسبه می‌شود که انباشته در آن دوره وارد می‌شود. در دوره زمان‌بندی هیچ نوع تخفیفی وجود نخواهد داشت و همچنین قبل از دوره اول هیچ انباشته‌ای تولید نخواهد شد و اولین انباشته تولیدی در دوره اول وارد سیستم می‌شود.

1-3- هدف از اجراء :

هدف، زمان‌بندی تولید تخصیص منابع محدود در طول زمان برای انجام گروهی از فعالیت‌ها است. این تحقیق با هدف دستیابی به یک مدل ریاضی جهت برنامه‌ریزی محصول مورد نظر شروع شده است و در ادامه با استفاده از الگوریتم‌های PDLA و کوتاهترین مسیر و با تطبیق دادن مدل با دنیای واقعی اقدام به حل آن می‌کنیم .

1-4- توجیه ضرورت انجام طرح :

ضرورت برنامه‌ریزی بر کسی پوشیده نیست و بطور خاص موضوع برنامه‌ریزی در فرایند تولید گاه دارای چنان مزایایی است که در صورت عدم وجود، سازمانهای تولیدی را از مسیر سالم رشد و ادامه حیات در محیط رقابتی منحرف می‌سازد. در صورت پیاده‌سازی موفق یک سیستم مدیریت تولید جامع، شرکتها می‌توانند از مزایای زیر برخوردار گردند. پیاده‌سازی کامل و موفق سیستم های رایج مدیریت تولید و مواد از قبیل برنامه‌ریزی احتیاجات مواد، تئوری محدودیت‌ها، تولید درست به موقع در دنیای واقعی بدلیل فراگیری الزامات اجرایی آن در اغلب زیربخش‌های سیستم تولیدی که منجر به پیچیدگی عملی آنها شده، در اغلب کشورهای در حال توسعه که دارای سیستم‌های تولید نیمه سنتی می‌باشد، کاری زمانبر و طولانی مدت خواهد بود بر همین اساس با ارایه مدل ریاضی و تطبیق آن با دنیای واقعی سعی در بهبود تصمیمات مدیریتی در این زمینه داشته‌ایم.

و همچنین با توجه به کاستی‌های الگوریتم حل PDLA در مواقعی که مدل دارای محدودیت می‌باشد سعی بر آن شدیم که بر این کاستی پوشش دهیم.

5-1- روش پژوهش و روش های اجرایی:

روش پژوهش مبتنی بر روش تجربی است به این مفهوم که اطلاعات واقعی از شرایط با پارامترهای مدل مورد دسترس قرار می‌گیرد و مدل توسعه داده شده، با اطلاعات واقعی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد بطوری که بعد از جمع‌آوری اطلاعات مدل ریاضی آن در شرایط عدم اطمینان ارائه می‌شود و سپس از این مدل برای حل یک مسئله در دنیای واقعی استفاده می‌شود.

6-1- آرایش کلی تحقیق:

در ادامه و در فصل دوم مفاهیمی از قبیل برنامه‌ریزی‌های بلند مدت و کوتاه مدت و میان مدت و ادبیات موضوعی در رابطه با این پروژه مطرح می‌شود و گذری هم بر تحقیقات انجام شده در این زمینه می‌کنیم و در فصل سوم به تشریح مساله و مدل پیشنهادی پرداخته و برخی از ویژگی‌های مدل را بررسی می‌کنیم و برای حل آن از ترکیب دو الگوریتم حل، اقدام به پیدا کردن جواب می‌کنیم. در فصل چهارم پس از بیان نحوه ساخته شدن مدل با ارایه مثال و محاسبات آن به تشریح الگوریتم حل و بررسی نتایج می‌پردازیم و در نهایت در فصل پنجم به ارائه یک سری پیشنهادات جهت تحقیقات آینده تحقیق خود را به پایان می‌رسانیم.

منابع پارس پروانه

فصل دوم:

ادبیات و پیشینه تحقیق

منابع پارس پروانه

1-2- مقدمه

امروزه برنامه‌ریزی تولید¹ نقش بسیار پررنگی در بقا و پیشرفت یک کارخانه دارا می‌باشد. با حرکت سریع مشاغل به سمت جهانی شدن، صنایع تولیدی نیز برای دستیابی به سهم بیشتری از بازارهای جهانی با هم در رقابت هستند. در چنین محیط متراکمی شرایط شرکت‌ها تحت تاثیر متغیرهای درون و برون سازمانی قرار می‌گیرد. این امر باعث می‌شود تصمیم‌گیری در مورد مسائل مختلف بسیار پیچیده گردد. افزایش روز افزون پیچیدگی مسائل رو در روی مشاغل از یک سو و ناتوانی انسان به عنوان تصمیم گیرنده در برابر حل ذهنی این مسائل از سوی دیگر باعث توجه بیشتر به مدل‌های بهینه‌سازی گردیده است.

برنامه‌ریزی تولید به عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل تولیدی همواره جایگاه ویژه‌ای در میان محققین داشته است. هدف از برنامه‌ریزی تولید بکارگیری منابع محدود در فرایندهای تولیدی می‌باشد به نحوی که تقاضای مشتریان² در افق برنامه‌ریزی³ برآورده گردد. به بیان دیگر مسائل برنامه‌ریزی تولید جزء گروهی از مسائل تولیدی قرار می‌گیرند که با حداقل هزینه تقاضای بازار را تامین کند و یا تقاضای بازار را بگونه‌ای برآورده سازد که سود حداکثر گردد.

. امروزه برخی از کارخانجات کشور، بدون استفاده از روش‌های علمی برنامه‌ریزی تولید مشغول به کار هستند و لذا با مسائلی مانند وقفه‌های مختلف در تولید، عدم وجود پیش بینی در خصوص مواد اولیه مورد نیاز، مدت زمان لازم برای تولید، عدم توانایی تصمیم‌گیری در خصوص ترکیب تولید و

¹ Production Planning

² Costumer Demand

³ Rolling Planning

... مواجه هستند که این لزوم یک برنامه‌ی تولیدی مناسب را برای استفاده‌ی درست از ظرفیت‌های موجود ضروری می‌دارد. آنچه که بیش از هر چیز در دنیای امروز حائز اهمیت و قابل توجه می‌باشد سیر دگرگونی شتابدار و اساسی محیط‌های رقابتی و رقابت در کسب سهم بیشتری از بازار و مشتریان است. صنایع دائماً در حال بررسی و تغییر سیستم‌های تولیدی خود برای کاهش زمان‌های تولید محصولات و تحویل بموقع محصولات به مشتریان هستند. عدم تخصیص درست منابع، عدم زمان‌بندی صحیح تولید محصولات و عدم استفاده بهینه از ظرفیت ماشین‌آلات از عمده مشکلات و مسائلی است که در صنایع تولیدی ما وجود دارد و با توجه به سیستم سنتی و تفکرات سنتی موجود در کارخانجات صنعتی کشور ما این امر به صورت عمده قابل مشاهده می‌باشد. برای غلبه بر این جریان باید بر پایه‌های تغییر و تحولات یعنی نوگرایی، نواندیشی و نوآفرینی در همه مجموعه‌های سیاسی، تجاری، صنعتی، فرهنگی و اجتماعی اهتمام کامل نمود و به دنبال راهبردهای پرورش خلاقیت و تحول‌گرایی بود. در این رابطه تا نظام تمایلات، نظام اندیشه‌ها و نظام رفتارها متحول نشود انتظار تکامل و تحول داشتن بیهوده است. در همین راستا مدیران موفق صنایع به دنبال راه‌های علمی، برای مرتفع کردن مشکلات شرکت‌ها و صنایع خود برای از بین بردن این گونه مسائل می‌باشند. در این رابطه طبق تحقیقات انجام شده؛ استفاده از علوم مختلف از جمله ریاضی، تحقیق در عملیات و آمار در بهبود وضعیت تولید شرکت‌ها تاثیر بسزایی دارد.

2-2- تعریف علم تحقیق در عملیات¹:

علم تحقیق در عملیات پیدا کردن بهترین راه حل برای مسائل مدیریت است و تحقیق در عملیات، علم مدیریت کمی است و اساس آن نیز عوامل کمی بوده که از دلایل این علم است. یکی از پرکاربردترین مباحث تحقیق در عملیات کاهش زمانهای تولید و هزینهها است. مبحث مدل سازی خطوط تولید و زمانبندی تولید محصولات از مباحث موجود و مهم در علوم تحقیق در عملیات می- باشد که در کاهش زمانهای تولید و تحویل بموقع محصولات به مشتریان نقش بسزایی دارد.

2-3- تعریف برنامه ریزی خطی²:

برنامه ریزی خطی، تکنیک ریاضی است که به طور وسیع در طرح ریزیهای مدیریت به کار برده می شود. این کاربرد منوط به این است که هدف معینی برای حداکثر یا حداقل کردن وجود داشته باشد. دستیابی به این هدف مستلزم رعایت تعدادی محدودیت می باشد تا بتوان معادله هدف و سایر نامساویهای محدودیت را به صورت روابط خطی نشان داد. برنامه ریزی خطی می تواند در زمینه های مختلف مورد مطالعه و استفاده قرار گیرد. برنامه ریزی خطی به طور عمده در موقعیت های تولیدی، تجاری و اقتصادی مورد استفاده قرار می گیرد اما برای بعضی از مسائل مهندسی نیز می تواند به کار برده شود. بعضی از صنعت ها که برنامه ریزی خطی را مورد استفاده قرار می دهند عبارتند از حمل و نقل، انرژی و کارخانجات تولیدی و ... همچنین برنامه ریزی خطی در مدل کردن مسائلی از قبیل

¹ Operation Research

² Linear Programinng

زمان‌بندی، برنامه‌ریزی، مسیریابی، تخصیص و طراحی مفید است. یک ارزیابی انجام شده از 500 شرکت بزرگ دنیا، نشان داد که 85% درصد آنها از برنامه‌ریزی خطی استفاده نموده‌اند.

برنامه‌ریزی خطی کاربردهای متعددی در ارتش، حکومت، صنعت و مهندسی شهرسازی یافته است. همچنین اغلب به عنوان بخشی از طرح‌های محاسباتی، حل مسائل برنامه‌ریزی غیر خطی، برنامه‌های گسسته، مسائل ترکیباتی، مسائل کنترل بهینه و برنامه‌ریزی احتمالی به کار می‌رود.

از دلایل مهم برنامه‌ریزی خطی در زمینه بهینه‌سازی می‌توان استفاده از مسائل عملی در تحقیق عملیات به عنوان مسئله برنامه‌ریزی خطی نام برد. همچنین تعدادی از الگوریتم‌های دیگر مسائل بهینه‌سازی به وسیله‌ی حل مسائل برنامه‌ریزی خطی، به عنوان زیر مسئله کار می‌کنند. به طور تاریخی ایده‌های برنامه‌ریزی خطی الهام‌بخش بسیاری از مفاهیم اولیه تئوری بهینه‌سازی مانند دوگانگی، تجزیه، اهمیت تحدب و تعمیم آن بوده است.

برنامه‌ریزی خطی به طور عمده در اقتصاد کلان، مدیریت تجاری، حداکثر کردن درآمد یا حداقل کردن هزینه‌ی تولید به کار می‌رود. به عنوان مثال در زمینه‌های مدیریت موجودی، مدیریت دارایی و سهام، تخصیص منابع انسانی و منابع غیرانسانی و برنامه‌ریزی سفرهای تبلیغاتی از برنامه‌ریزی خطی استفاده می‌کنند.

2-4- زمان بندی¹ :

در جهان رقابتی حاضر، توالی و زمان بندی مؤثر، یکی از ضرورت های بقا در بازار است. زمان بندی، ابزاری است که استفاده از منابع در دسترس را بهینه می سازد. در زمان بندی، منابع و کارها ممکن است انواع گوناگونی داشته باشند. زمان همواره محدودیتی اساسی بوده است. توالی عملیات و زمان بندی، تصمیماتی هستند که در صنایع تولیدی و خدماتی نقش بسیار مهمی دارند. در دنیای رقابتی امروز، توالی و زمان بندی مؤثر شرط لازم برای بقاست. زمان بندی، تعیین اولویت ها یا مرتب کردن فعالیت ها به منظور برآورده ساختن نیازمندی ها، محدودیت ها یا اهداف معین است. از آنجا که زمان همواره منبعی محدود بوده است، فعالیت ها باید بگونه ای زمان بندی شوند تا از مصرف بهینه این منبع، اطمینان حاصل شود. با توسعه صنعتی، مسئله محدودیت منابع بحرانی تر شده است. در حال حاضر ماشین ها، نیروی کار و تسهیلات نیز علاوه بر زمان به عنوان منبعی بحرانی در فعالیت های تولیدی و خدماتی شناخته می شوند. زمان بندی صحیح این منابع، منجر به افزایش کارایی، مصرف و در نهایت سودآوری می شود.

2-5- برنامه ریزی در محیط تولید

مدل سازی یک برنامه ریزی تولید این امکان را فراهم می کند که مدیر بتواند فرایند تولید را از ابعاد مختلف زمانی و هزینه ای بهینه کرده و بهره وری تولید را افزایش دهد. روش های حل مسائل تولید از

¹ Scheduling

طریق مدل‌های کمی، نه تنها راه حل بهینه را برای وضعیت فعلی تولید نشان خواهد داد بلکه به برنامه‌ریزان کمک خواهد نمود که به سوالاتی از قبیل "چه خواهد شد اگر ..." نیز پاسخ گویند و حال آنکه پاسخ این گونه سوالات از طریق تجربی و عملی ممکن است هزینه‌زا و در بسیاری از موارد غیر ممکن باشد [1]. ضرورت برنامه‌ریزی بر کسی پوشیده نیست و بطور خاص موضوع برنامه‌ریزی در فرایند تولید گاه دارای چنان مزایایی است که در صورت عدم وجود، سازمانهای تولیدی را از مسیر سالم رشد و ادامه حیات در محیط رقابتی منحرف می‌سازد. در صورت پیاده‌سازی موفق یک سیستم مدیریت تولید¹ جامع، شرکتها می‌توانند از مزایای زیر برخوردار گردند.

2-5-1- کاربردهای برنامه‌ریزی تولید:

کاربردهای اصلی برنامه‌ریزی تولید

- کمک به مسئولین خط تولید در برنامه‌ریزی بهینه تولید

- کاهش حجم موجودی در انبار

¹ Production Managment

- افزایش قدرت پیش‌بینی وضعیت تولید و در نتیجه کمک به تصمیم‌گیری در پذیرش سفارشات

- استفاده بهینه از توان ماشین‌آلات و پرسنل

- افزایش سود و کاهش هزینه‌ها به واسطه نتیجه بهینه‌سازی

- افزایش خوش‌قولی به واسطه تحویل به موقع¹ محصول به مشتری

- تعیین برنامه بهینه تولید هر ماشین

- کاهش زمان بیکاری² ماشین‌آلات بواسطه انتظار برای دریافت قطعه نیم ساخته

کاربردهای جانبی برنامه‌ریزی تولید

- کمک به تصمیم‌گیری در زمینه بکارگیری ماشین‌آلات جدید

- تحلیل حساسیت³ عملیات تولید نسبت به تغییر شرایط مختلف

- کمک به شناسایی تنگناها و گلوگاهها⁴

¹ Just In Time

² Idle Time

³ Sensitivity Analysis

⁴ Bottleneck

2-5-2-2- اقسام برنامه‌ریزی تولید

برنامه‌ریزی تولید یکی از ارکان اصلی در شکوفایی یک صنعت می باشد که خود با توجه به ساختارش به انواع مختلفی تقسیم می گردد که بصورت زیر است. برنامه‌ریزی در محیط تولید را می توان به سه دسته‌ی برنامه‌ریزی بلند مدت ، میان مدت ، و کوتاه مدت تقسیم کرد. که در ادامه سوالات و اهداف در هر یک تشریح می گردد.

2-5-2-1- برنامه‌ریزی بلند مدت¹

برنامه‌ریزی بلند مدت سه حوزه‌ی کلی از مسائل برنامه‌ریزی تولید را پوشش می دهد. سوالات مطرح شده در این برنامه‌ریزی بسیار کلی و مربوط به افق 2 تا 10 ساله است.

- چه محصولی تولید شود؟

در این حوزه برنامه‌ریزی و تصمیم گیری در مورد نوع محصول، چرخه‌ی عمر آن، زمان معرفی به بازار و خروج از بازار، نحوه‌ی تولید (مونتاژ) و همین‌طور طراحی محصول صورت می گیرد.

- چقدر تولید شود؟

¹ Long-Term Planning

در این حوزه در مورد تکنولوژی مورد استفاده، استفاده از فرایندهای تخصصی، تعیین هزینه-های ثابت و متغیر تولید، تعیین نقطه‌ی سر به سر تولید و تعیین سطح نیروی انسانی مورد نیاز تصمیم‌گیری می‌گردد.

- کجا تولید شود؟

در این حوزه در مورد مکان کارخانه، نزدیکی به منابع یا مشتری، استفاده از موقعیت‌های متعدد برای احداث کارخانه، میزان تولید در هر موقعیت تولید تصمیم‌گیری می‌گردد.

2-2-5-2- برنامه‌ریزی میان مدت¹

برنامه‌ریزی میان مدت شامل مسائل مطرح در افق برنامه‌ریزی کمتر از سه سال می‌شود. پرسش-های اصلی که در این بخش مطرح می‌شود شامل موارد زیر است:

- چه کسی؟

در این قسمت مسائل مرتبط با نیروی انسانی برنامه‌ریزی می‌شود. تعیین ساختار زمانی، مشخص‌سازی گروه‌های کاری، تدوین شرح وظایف، جذب نیروی انسانی و اندازه‌گیری کار و آموزش مواردی است که در مورد آنها تصمیم‌گیری می‌شود.

- چگونه؟

¹ Mid-Term Planning

قسمت عمده از مسائل این حوزه با فرایندها و نحوه‌ی قرارگیری آنها در محیط کارخانه مرتبط است. تعیین اهداف چیدمان، تعیین موقعیت تجهیزات، توالی فرایندها، تعیین تجهیزات انتقال مواد از مسائل مطرح در این حوزه است.

- چه وقت؟

در این قسمت به مسائلی همچون زمان‌بندی تولید، برنامه‌ریزی ظرفیت تولید، تخمین هزینه‌ی فعالیت‌ها و استفاده از تامین‌کننده‌ی خارجی می‌پردازیم.

2-5-2-3- برنامه‌ریزی کوتاه مدت¹

این حوزه مختص به مسائل برنامه‌ریزی کمتر از سه ماه است. در این مرحله جزئیات برنامه‌های کلی مراحل قبل مشخص و برنامه‌ریزی می‌شود [2].

2-6- برنامه‌ریزی مواد مورد نیاز²

در این مرحله مسائل مربوط به مواد برنامه‌ریزی می‌گردد. تعیین زمان تحویل، دفعات سفارش، چگونگی انبار مواد، بسته بندی، کیفیت، تعداد سفارش، از مسائلی است که در این مرحله در مورد آنها تصمیم‌گیری می‌شود.

¹ Short-Term Planning

² Material Requirement Planning

7-2- برنامه‌ریزی ظرفیت مورد نیاز¹

مشخص کردن هزینه‌ی تاخیر، کمبود، اولویت‌بندی تولید محصولات، بکارگیری سیاست‌های تسریع تولید، تعیین اندازه‌ی دسته‌های تولید، توالی عملیات، بررسی صف، بهره‌وری ماشین آلات و نیروی انسانی، اندازه‌گیری عملکرد تولید همگی از جمله مسائلی است که در این قسمت به آن توجه می‌گردد.

8-2- تولید بهنگام²:

یک سیستم جامع که مجموعه فعالیتها و سیستم‌های یک نظام تولیدی را در راستای تامین اهداف تولید بر اساس تعداد مورد نیاز از محصول مورد نظر در زمان مورد نیاز در بر می‌گیرد. امروزه اهداف اصلی یک سیستم تولیدی را می‌توان به قرار زیر مطرح نمود:

- تامین کیفیت مطلوب برای تمام محصولات و قطعات
- کمینه‌سازی هزینه تولید
- کمینه‌سازی هزینه تولید و تحویل به موقع
- انعطاف پذیری به لحاظ تنوع و کمیت تولید

¹ Capacitated Requirement Planning

² Just In Time

- ارزش دادن و احترام به نیروی انسانی

از سیاست‌های اصلی تولید بهنگام برای دستیابی به اهداف یک سیستم تولید می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- حذف کامل اتلاف‌ها از قبیل: تولید اضافی، زمان بیکاری و انتظار، حمل و نقل نادرست، صحیح نبودن فرایندها، حرکات اضافی
- ارتقا قابلیت‌های نیروی انسانی و بکارگیری موثر آن
- مشارکت جمعی و بهره‌گیری از خلاقیت‌ها و احترام به انسانها
- رسیدن به تولید پیوسته
- مشتری‌گرایی و انعطاف‌پذیری لازم برای پاسخ به تقاضای مشتری. [3]

9-2- برنامه‌ریزی تولید ادغامی¹

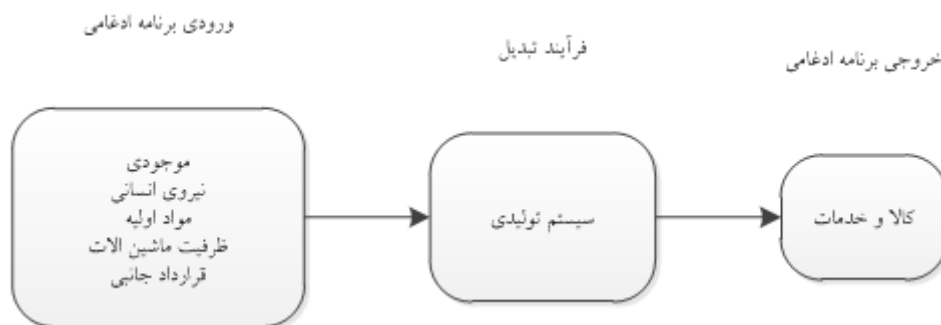
برنامه‌ریزی تولید ادغامی (APP) جایگاه خاصی در رشته‌های مهندسی صنایع²، مدیریت صنعتی و سایر گرایش‌های علوم مدیریت دارد. این رشته از شاخه‌های برنامه‌ریزی تولید محسوب شده و به عبارت بهتر از جمله مباحث و مطالب مدیریت تولید و عملیات بشمار می‌رود [4].

¹ Aggregate Production Planning

² Industrial Engineering

برنامه‌ریزی تولید ادغامی در واقع فرایند برنامه‌ریزی و کنترل وجوه مختلف کل فعالیت‌های تولید به منظور برآوردن تقاضای مشتریان کارخانه است. مدیریت مجبور است پیوسته در مقابل تغییراتی که در تقاضا، سطح نیروی انسانی و کارایی ماشین آلات و همچنین سایر عوامل غیر قابل پیش بینی اتفاق می افتد، عکس العمل نشان دهد.

تمامی بخش‌های یک سازمان از برنامه‌ریزی تولید ادغامی تاثیر می‌پذیرند چرا که این برنامه ، استراتژی¹های بلند مدت سازمانی را به طرح‌های تولیدی کوتاه مدت پیوند می‌دهد. برنامه‌ریزی تولید ادغامی تقاضای فروش مورد انتظار و ظرفیت تولید شرکت را بعنوان ورودی دریافت کرده و آن را بصورت خانواده محصولات شرکت نشان می‌دهد. در حقیقت این نوع برنامه‌ریزی فقط تولید خانواده‌های محصول را در نظر دارد و توجهی به محصولات منفرد ندارد. بعبارتی برنامه‌ریزی در یک سطح کلی انجام می‌شود و برای نشان دادن میزان تقاضا و ظرفیت از یک واحد مشترک برای خانواده‌ی محصول استفاده می‌گردد، همچنین کل تقاضای محصولاتی که در ساخت آنها از منابع و تجهیزات مشترک و محدود یک کارخانه استفاده می‌گردد را در نظر می‌گیرد [4] ، همانند شکل 1-2



¹ Sterategic Planning

شکل 2-1 نمایش یک سیستم تولید ادغامی [1]

2-9-1 اهداف برنامه‌ریزی تولید ادغامی

هدف از برنامه‌ریزی تولید ادغامی دستیابی به یک طرح تولیدی است که بطور اثربخشی منابع سازمان را برای ارضای تقاضای مورد انتظار¹ به خدمت می‌گیرد. کلمه‌ی ادغامی به این معنی است که برنامه‌ریزی در یک سطحی ادغام می‌گردد که تمام محصولات که از منابع و تجهیزات مشترک استفاده می‌کنند بطور یکجا در نظر گرفته می‌شود. برنامه‌ریزی تولید ادغامی در واقع فرایند برنامه‌ریزی و کنترل وجوه مختلف کل فعالیت‌های تولید به منظور ارضای تقاضای مشتریان کارخانه است. با فرض در اختیار داشتن اطلاعات مربوط به پیش بینی تقاضا، ظرفیت ماشین آلات، سطح موجودی‌ها، سطوح نیروی انسانی و امکانات قرارداد جانبی، مدیریت باید در مورد نرخ تولید در یک افق برنامه‌ریزی میان مدت که از 3 تا 12 ماه متغیر می‌باشد تصمیم‌گیری نماید [5].

خروجی حاصل از برنامه‌ریزی تولید ادغامی، میزان تولید ماهانه‌ی کارخانه برای حدود 3 تا 12 ماه آینده بدون وارد شدن به جزئیات تولید می‌باشد. همانطور که گفته شد هدف این است که تغییرات تقاضا بنحو مطلوبی پاسخ داده شود. در برنامه‌ریزی ادغامی استراتژی‌های متفاوتی برای برآورده ساختن تقاضای متغیر وجود دارد که در ادامه به تشریح آن پرداخته خواهد شد.

مهمترین موضوعاتی که معمولاً در زمینه‌ی برنامه‌ریزی ادغامی به آن اشاره می‌شود عبارتند از [6]:

¹ Expected Demand

- استفاده‌ی یکنواخت و متعادل از ظرفیت‌ها
- توجه همزمان به نرخ تولید، تقاضا، موجودی و سطح نیروی کار
- بهترین استفاده از امکانات و ظرفیت در پاسخگویی به تغییرات تقاضا
- طرح حداقل سازی هزینه و پاسخگویی به تغییرات تقاضا بعنوان هدف
- پیش‌بینی تقاضا حداقل برای یک سال آینده
- اجتناب از جزئیات و بررسی تقاضا و ظرفیت بصورت کلی

2-9-2- نقش برنامه‌ریزی ادغامی در زنجیره تامین¹

دنیایی را فرض کنید که در آن هیچگونه محدودیتی از لحاظ ظرفیت تولیدی، حمل و نقل، انبارداری و حتی اطلاعات وجود ندارد. در این صورت نیازی به برنامه‌ریزی برای پیش‌بینی تقاضا وجود ندارد. در دنیای واقعی ظرفیت هزینه دارد و زمان‌های تحویل طولانی هستند. از اینرو شرکت‌ها باید تصمیماتی با توجه به سطوح ظرفیت، تولید، بیرون سپاری و قیمت گذاری اتخاذ نمایند

2-9-3- پاسخگویی به تغییرپذیری قابل پیش‌بینی در زنجیره تامین

برای محصولاتی با تقاضای پایدار طراحی یک برنامه ادغامی ساده است. لیکن تقاضای بسیاری از محصولات به شدت از پیرودی به پیرودی دیگر متغیر است که اغلب به دلیل تاثیرات قابل پیش‌بینی

¹ Supply Chain

است. این تاثیرات شامل عوامل فصلی و غیرفصلی است که بر تقاضای محصول تاثیر می‌گذارند.

تغییرپذیری قابل پیش‌بینی در محصولاتی با تقاضای قابل پیش‌بینی تغییر می‌کند. محصولاتی که از

نوع تغییرات در تقاضا فراتر روند مشکلات بسیاری را ایجاد خواهند کرد که شامل کمبود در

پریودهای با تقاضای بالا و موجودی مازاد در پریودهایی با تقاضای اندک است. این مسائل هزینه‌ها

را افزایش و پاسخگویی زنجیره تامین را کاهش می‌دهند.

هدف سازمان‌ها در مواجهه با تغییرپذیری قابل پیش‌بینی پاسخگویی به شیوه‌ای است که سودآوری را

بیشینه سازد. سازمان‌ها باید یکی از دو گزینه زیر را برای این منظور انتخاب کنند:

1. مدیریت عرضه با استفاده از موجودی، ظرفیت، قرارداد جانبی و تعویق

2. مدیریت تقاضا با استفاده از تحفیفات کوتاه مدت

استفاده از این ابزارها به شرکت امکان افزایش سودآوری به دلیل انطباق تقاضا و عرضه را خواهد

داد.

• مدیریت عرضه

سازمان‌ها می‌توانند عرضه محصول را با کنترل ترکیبی از دو عامل زیر تغییر دهند:

1. ظرفیت تولید

2. موجودی

هدف حداکثرسازی سود است که اختلاف میان درآمد حاصل از فروش و هزینه کل مواد، ظرفیت و موجودی است. شرکت‌ها ترکیبی از تغییرات ظرفیت و موجودی را برای مدیریت عرضه به کار می‌گیرند.

- مدیریت ظرفیت

در مدیریت ظرفیت به منظور برآوردن تغییرپذیری قابل پیش‌بینی شرکت‌ها ترکیبی از رویکردهای زیر را به کار می‌گیرند.

انعطاف‌پذیری نیروی کار: در این رویکرد شرکت از ساعات کاری انعطاف‌پذیر برای مدیریت بهتر ظرفیت جهت برآوردن تقاضا استفاده می‌کنند.

استفاده از نیروی کار فصلی: در این رویکرد شرکت از نیروی کار موقتی در طول فصل‌های با تقاضای بالا به منظور افزایش ظرفیت و انطباق با تقاضا استفاده می‌کند.

استفاده از قرارداد جانبی: در این رویکرد شرکت حداکثر تولید را بیرون سپاری می‌کند بگونه‌ای که تولید داخلی یکنواخت مانده و ارزان‌تر انجام می‌شود.

استفاده از تجهیزات دو منظوره - تخصصی و انعطاف‌پذیر: در این رویکرد شرکت از دو دسته

تجهیزات تخصصی و انعطاف‌پذیر استفاده می‌کند. تجهیزات تخصصی محصولات باثبات و تجهیزات انعطاف‌پذیر دامنه گسترده از محصولات متنوع را با هزینه بالاتر تولید می‌کنند.

طرحریزی انعطاف پذیری محصول در فرآیندهای تولیدی: در این رویکرد شرکت خطوط

تولیدی انعطاف پذیری دارد که نرخ تولید آنها به سادگی تغییر می کند.

- مدیریت موجودی

در مدیریت موجودی به منظور برآوردن تغییرپذیری قابل پیش بینی شرکت ها ترکیبی از

رویکردهای زیر را به کار می گیرند.

استفاده از قطعات مشترک در محصولات مختلف: در این رویکرد شرکت محصولات مختلف

را بگونه ای طراحی می کند که از قطعات مشترک استفاده کنند.

ساخت موجودی محصولات با تقاضای بالا یا قابل پیش بینی: زمانی که بیشتر محصولات یک

شرکت دارای فصل های مشابهی با تقاضای بالا باشند، بهتر است شرکت محصولاتی تولید کند که

تقاضای قابل پیش بینی تری در فصل های آرام دارند. تولید محصولات غیر قطعی باید نزدیک به

فصل های فروش انجام شود.

• مدیریت تقاضا

شرکت ها می توانند با استفاده از رویکردهای قیمت گذاری و تخفیف بر تقاضا تاثیر گذارند.

تصمیمات کاهش قیمت اغلب توسط خرده فروشان و بدون توجه به کل زنجیره تامین اتخاذ می شود.

در حالی که برای حداکثرسازی سود این تصمیمات باید به صورت هماهنگ اتخاذ شوند.

چهار عامل بر تصمیم‌گیری پیرامون زمان ارائه تخفیفات تاثیر دارد:

- تاثیر تخفیف بر تقاضا

- حاشیه سود محصول

- هزینه نگهداری موجودی

- هزینه تغییر ظرفیت تولید

با ارائه تخفیف تقاضاها افزایش می‌یابند. این افزایش از سه عامل زیر نشأت می‌گیرد:

1. رشد بازار. افزایش در مصرف محصول از سوی مشتریان فعلی یا جدید.

2. کسب سهم بازار. مشتریان محصول شرکت را با رقیب جایگزین می‌سازند.

3. خریدهای پیشاپیش. مشتریان خریدهای آتی خود را به زمان حال منتقل می‌کنند.

دو عامل اول تقاضای کلی محصولات شرکت را افزایش می‌دهند در حالی که سومین عامل منجر

به جابجایی تقاضاها می‌شود. بهتر است میزان تاثیر سه عامل فوق در افزایش تقاضا باید پیش از

تصمیم‌گیری در خصوص زمان تخفیفات تعیین شود.

برنامه‌ریزی ادغامی فرآیندی است که بوسیله آن یک شرکت سطوح ایده‌آل ظرفیت، تولید، قرارداد

جانبی، موجودی و حتی قیمت گذاری در طول یک افق زمانی را تعیین می‌کند. هدف برنامه‌ریزی

ادغامی برآوردن تقاضا و بیشینه‌سازی سود است. در برنامه‌ریزی ادغامی تصمیمات در سطح ادغامی

اتخاذ می‌شوند. در حالت سنتی برنامه‌ریزی ادغامی در سطح بنگاه انجام می‌شد و به عنوان بخشی از

زنجیره تامین مد نظر قرار نمی‌گرفت، اما برنامه‌ریزی ادغامی یکی از مهمترین مسائل در زنجیره تامین است. این برنامه‌ریزی برای اثربخش بودن به اطلاعاتی از سرتاسر زنجیره تامین نیاز دارد.

2-9-4- برنامه‌ریزی ادغامی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی

همانطور که بیان شد هدف برنامه‌ریزی ادغامی بیشینه سازی سود و برآورد تقاضا است. هر شرکت در تلاش برای برآوردن تقاضا با محدودیت‌های مشخصی چون ظرفیت تجهیزات یا قابلیت تامین کنندگان در تحویل یک قطعه مواجه‌اند. یک ابزار موثر برای بیشینه‌سازی سود در حضور مجموعه‌ای از محدودیت‌ها برنامه‌ریزی خطی است. در این شیوه تابع هدف کمینه سازی هزینه‌های تولید (دستمزد در ساعات عادی و اضافه کاری، استخدام و اخراج، قرارداد جانبی، نگهداری موجودی و کمبود) است. همچنین محدودیت‌هایی چون نیروی کار، استخدام و اخراج، ظرفیت، موازنه موجودی و اضافه کاری نیز در مدل مد نظر قرار می‌گیرد.

- خطای پیش‌بینی در برنامه‌ریزی ادغامی

روش برنامه‌ریزی ادغامی بیان شده در این فصل خطاهای پیش‌بینی را منظور نمی‌کند. اما می‌دانیم که خطای پیش‌بینی همواره با خطا همراه است. برای بهبود کیفیت برنامه ادغامی باید خطاهای پیش‌بینی را نیز مد نظر قرار داد. خطای پیش‌بینی با موجودی احتیاطی متناظر است که به صورت موجودی نگهداری شده برای برآورد تقاضاهای بیشتر از پیش‌بینی به کار می‌رود یا ظرفیت احتیاطی

که به صورت ظرفیت استفاده شده برای برآوردن تقاضای بیش از پیش‌بینی تعریف می‌شود. شرکت می‌تواند با یکی از شیوه‌های زیر ذخیره ایمنی را برای مواجهه با خطای پیش‌بینی نگهداری کند.

- استفاده از اضافه‌کاری به صورت ظرفیت احتیاطی
 - برخورداری از نیروی کار اضافی به عنوان ظرفیت احتیاطی
 - استفاده از قرارداد جانبی به عنوان ظرفیت احتیاطی
 - ساخت و نگهداری ذخیره اضافی به عنوان ذخیره احتیاطی
 - خرید ظرفیت یا محصول بازار آزاد به عنوان ظرفیت احتیاطی
- اقداماتی که یک شرکت انجام می‌دهد بستگی به هزینه نسبی آن دارد.
- نقش فناوری اطلاعات در برنامه‌ریزی ادغامی

برنامه‌ریزی ادغامی یکی از حوزه‌هایی است که زنجیره تامین بیشترین استفاده را از فناوری اطلاعات می‌کند. یکی از اولین محصولات فناوری اطلاعات ماژول‌های برنامه‌ریزی ادغامی است که اغلب برنامه‌ریزی کارخانه، تولید یا ساخت نامیده می‌شود. برخی ابعادی که فناوری اطلاعات به ارزش برنامه‌ریزی ادغامی می‌افزاید به شرح زیر است: قابلیت حل مسائل بزرگ، قابلیت حل مسائل پیچیده و قابلیت تعامل با سایر سیستم‌هایی چون مدیریت موجودی و منبع یابی.

2-9-5 استراتژی‌های برنامه‌ریزی تولید ادغامی برای ارضای تقاضا

در برنامه‌ریزی تولید ادغامی برای مقابله با تقاضای متغیر که در طول افق برنامه‌ریزی دارای نوسان می‌باشد از استراتژی‌های زیر می‌توان بهره برد [7].

(الف) استراتژی تعقیب تقاضا

(ب) استراتژی تولید یکنواخت

(ج) تثبیت نیروی انسانی ، تغییر اوقات کار

(د) متوسل شدن به قرارداد جانبی

(ه) تغییر سطح رضایتمندی¹ مشتری

2-9-6 فرایندهای برنامه‌ریزی تولید ادغامی

1- تعریف و تبیین اهداف استراتژیک و زیربنایی که تاثیر مستقیم بر روی برنامه‌های ادغامی ایجاد شده خواهد گذاشت.

2- انتخاب افق برنامه‌ریزی و تقسیم آن به مجموعه‌ای از دوره‌های زمانی که معمولا طول آن بستگی به نوع صنعت و هدف کارخانه دارد. در صورتی که تنوع محصولات زیاد باشد با تقسیم‌بندی و گروه‌بندی محصولات آنها به خانواده‌های محصول تقسیم می‌گردد.

3- پیش بینی تقاضای ادغامی در طول افق برنامه‌ریزی برای هر یک از خانواده‌های محصول.

¹ Satisfying Level

4- با فرض ثابت بودن منابع در طول افق برنامه‌ریزی، تعیین تسهیلات تولید در دسترس و

ظرفیت‌هایشان در یک واحد مشترک برای تعیین نیازمندی‌های ظرفیتی هر گروه محصول.

5- مقایسه ظرفیت موجود تولیدی با ظرفیت مورد نیاز برای هر دوره برنامه‌ریزی و اگر اختلافی

مابین این دو موجود باشد بنحوی که نتوان تقاضا را با ظرفیت موجود برآورده نمود بایستی

از یک یا چند تکنیک مدیریت ظرفیت برای تسطیح ظرفیت استفاده گردد [9]. این تکنیک‌ها

بصورت زیر است.

- تنظیم سطح نیروی انسانی
- تنظیم اضافه کاری‌ها و یا زیر ظرفیت کار کردن
- تنظیم ساعات کاری در هر روز
- بستن قرارداد های جانبی
- انباشتن موجودی
- استفاده از سیاست کسری موجودی

6-گزینه‌ش یک استراتژی برای برنامه‌ریزی تولید ادغامی.

روش‌ها و استراتژی‌هایی که می‌توان از آنها استفاده کرد همگی در طیفی قرار دارند که دو سر آن دو

روش تولید یکنواخت و تعقیب تقاضا¹ می‌باشد.

¹Chase Demand Algorithm

در مسائل دنیای واقعی عدم قطعیت و دقت از داده ها ممکن است بطور همزمان رخ دهد. یک راه حل ساده برای برون رفت از این مشکل جایگزینی و یا ثابت فرض کردن داده های غیر قطعی و یا نادقیق است که منجر به کاریکاتوری شدن شرایط واقعی می گردد. پس در چنین شرایطی عدم قطعیت بودن باید در بهینه سازی در نظر گرفته شود. ضرورت بکارگیری مدل های برنامه ریزی تولید در شرایطی که با عدم قطعیت در اطلاعات مواجه هستیم و توجه به مدلی که با شرایط واقعی سازگاری بیشتری داشته باشد ما را بر آن داشت که مدلی از برنامه ریزی ادغامی ارائه کنیم که سازگاری بیشتری با شرایط واقعی و حاکم بر تصمیم گیری مدیران دارد.

2-10- منطق فازی

مفهوم منطق فازی اولین بار در پی تنظیم نظریه های مجموعه های فازی بوسیله ی پروفیسور لطفی زاده در صحنه ی محاسبات نو ظاهر شد.

دانش مورد نیاز برای بسیاری از مسائل مورد مطالعه به دو صورت متمایز ظاهر می گردد:

1- دانش عینی مثل مدل ها ، معادلات ، فرمول های از پیش تنظیم شده و برای حل و فصل

مسائل معمولی فیزیک ، شیمی یا مهندسی مورد استفاده قرار می گیرد.

2- دانش شخصی مثل دانستنی هایی که تا حدودی قابل توصیف بوده و بیان زبان شناختی بوده

ولی امکان کمی کردن آن با استفاده از ریاضیات سنتی وجود ندارد.

از آنجا که در عمل هر دو دانش مورد نیاز است منطق فازی می‌کوشد آنان را بصورتی منظم ، منطقی و ریاضیاتی با یکدیگر هماهنگ سازد.

در دنیای واقعی اشکال مختلف عدم قطعیت وجود دارد که فرایندهای تولید را تحت تاثیر قرار می‌دهد. عدم قطعیت به دو دسته تقسیم می‌شود.

1- عدم قطعیت محیطی

2- عدم قطعیت سیستمی

عدم قطعیت محیطی شامل عدم قطعیت خارج از فرایند تولید می‌باشد. مثل عدم قطعیت تقاضا و تامین مواد. عدم قطعیت سیستمی در رابطه با عدم قطعیت بین فرایند تولید است ، نظیر عدم قطعیت عملکرد عملیات ، عدم قطعیت زمان تاخیر تولید ، عدم قطعیت کیفیت ، خرابی سیستم تولید و تغییرات در ساختار محصول.

در خلال سال‌ها محققین زیادی عدم قطعیت را در سیستم‌های تولیدی فرموله کرده‌اند و رویکردهای متفاوتی برای عدم قطعیت‌های متفاوت پیشنهاد شده است که در جدول 1-2 آمده است [9].

جدول 1-2 دسته بندی کلی انواع مدل های عدم قطعیت در سیستم های تولیدی [10]

مدل مفهومی ¹ عوامل عملکرد ² ذخیره ی اطمینان	مدل تحلیلی ³ فرایندهای سلسله مراتبی برنامه ریزی ریاضی (MOP,LP,MILP,MINLP)
مصون سازی ⁴ برنامه ریزی کلی	برنامه ریزی احتمالی تخمین قطعی تبدیل لاپلاس

¹ Conceptual Model

² Yield Factor

³ Analytical Model

⁴ Hedging

فرایند تصمیم گیری مارکف	برنامه ریزی نیازمندی های خط تولید انعطاف پذیری
مدل شبیه سازی توزیع احتمالی روش های ابتکاری تئوری صف	مدل های بر اساس هوش مصنوعی سیستم های خبره تئوری مجموعه ی فازی الگوریتم ژنتیک ¹ الگوریتم جستجوی ممنوعه

11-2- ویژگی های مدل های تعیین اندازه انباشته

در این قسمت به دنبال آنیم تا با معرفی ویژگی های گوناگون رایج در ادبیات مسائل تعیین اندازه انباشته بهینه ، پیچیدگی آنرا را مورد تحلیل و بررسی قرار دهیم .

11-2-1- افق برنامه ریزی²

¹ Genetic Algorithm

⁶ Linguistic Terms

² Planning Horizon

افق زمانی فاصله زمانی است که برنامه زمان‌بندی تولید تا آن زمان گسترش می‌یابد. افق برنامه‌ریزی به دو دسته کلی متناهی و نامتناهی تقسیم می‌شود. افق برنامه‌ریزی متناهی معمولاً با تقاضای پویا و نامتناهی با تقاضای ثابت همراه است. حالت دیگری از افق برنامه‌ریزی افق غلتان¹ نامیده می‌شود، که در آن سیکل معینی تعیین نمی‌گردد. در این حالت معمولاً با داده‌های نامعین سرو کار داریم و دوره‌های واقعی زمان‌بندی شده برنامه‌ریزی تولید با توجه به شرایط برنامه‌ریزی به اصطلاح به جلو غلتانده می‌شود. نکته قابل توجه در این مدل، قابلیت تولید بیش از یک بار محصولی معین است. اما یکی از مهمترین دسته‌بندی‌های افق زمان‌بندی در مسایل تعیین اندازه انباشته، دسته‌بندی بر اساس طول ظرف‌های زمانی² می‌باشد: ظرف زمانی بزرگ (بلند)³ و ظرف زمانی کوچک (کوتاه)⁴.

مدل‌های **SBT** شامل دوره‌های کوتاه زمانی است، که در آنها تنها یک محصول و یا یک عمل راه‌اندازی صورت می‌پذیرد (مجاز است). در مقابل، مدل **BTB** دارای دوره‌های کمتر ولی طولانی‌تر است و عموماً محدودیتی برای تعداد محصول و یا دفعات راه‌اندازی در یک دوره معین وجود ندارد.

2-11-2- راه‌اندازی⁵

¹ Rolling Planning

² Time Bucket

³ Big Time Bucket (BTB)

⁴ Small Time Bucket (STB)

⁵ Setup

هنگامی که یک محصول یا آیتم بر روی یک ماشین به منظور انجام عملیات بر اساس برنامه تولید بارگذاری می‌شود اصطلاحاً پدیده راه‌اندازی صورت گرفته که به دو صورت هزینه و زمان راه‌اندازی در مدل‌های تعیین اندازه انباشته بهینه ظاهر می‌گردد

2-11-3- سطح تولید¹:

سیستم‌های تولیدی ممکن است چند مرحله‌ای² یا تک مرحله‌ای³ باشند. در سیستم‌های تک مرحله‌ای، عموماً محصول نهایی یک محصول ساده است. مواد اولیه پس از طی یک فرآیند همچون ریخته‌گری یا آهن‌گری به محصول نهایی تبدیل می‌گردند به عبارت دیگر مواد اولیه به طور مستقیم به محصول نهایی تبدیل می‌شوند و یا مواد خریداری شده بدون هیچ فرآیند زیرمونتازی میانی به محصول نهایی تبدیل می‌گردد. در این حالت تقاضای محصول به طور مستقیم از سفارش مشتری یا تقاضای بازار تعیین می‌شود که به این نوع تقاضا، تقاضای غیر وابسته⁴ نیز گفته می‌شود.

در سیستم تولیدی چند مرحله‌ای یک ارتباط مابین اعضای خانوادگی وجود دارد. مواد خام بعد از سپری کردن چندین عملیات به محصول نهایی تبدیل می‌شوند. خروجی یک عملیات (سطح) ورودی عملیات (سطح) بعدی می‌باشد. بنابراین تقاضای یک قلم در یک سطح بستگی به میزان تقاضای خانواده سطح بالاتر آن قلم دارد. به این نوع تقاضا، تقاضای وابسته⁵ گفته می‌شود. در

¹ Level

² Multi - Level

³ Single - Level

⁴ Independent Demand

⁵ Dependent Demand

مباحث تعیین اندازه انباشته ، محیط تولیدی چند مرحله‌ای بر پیچیدگی مدل می‌افزاید . مسائل چند مرحله‌ای بر اساس ساختار محصول همچون سریال ، مونتاژ و سیستم برنامه‌ریزی نیازمندی‌های مواد طراحی و مشخص می‌شود .

2-11-4- تعداد محصول نهایی¹

تعداد اقلام نهایی یا محصول نهایی در سیستم‌های تولیدی به عنوان یکی از ویژگی‌های مسئله مورد توجه قرار می‌گیرد که در پیچیدگی مدل نقش بسزایی ایفا می‌کند . در مسائل تعیین اندازه انباشته بهینه دو دسته‌ی اساسی از حیث تعداد محصول نهایی مطرح می‌باشد . در برنامه‌ریزی تولید تک محصولی² تنها یک محصول موجود است بطوریکه تمام اقلام در نهایت به آن یک محصول ختم می‌شود . در مقابل در برنامه‌ریزی تولید چند محصولی³ قرار می‌گیرد که در چنین مدلی چندین محصول (دو یا بیشتر) به منظور تولید برنامه‌ریزی می‌گردد .

در محیط‌های مونتاژی مختلط ، مدل برنامه‌ریزی تولید چند محصولی به شمار می‌رود . به گونه‌ای که مواد اولیه پس از طی چند مرحله فرایند تولید و یا مونتاژ در پایان آخرین سطح که عموماً سطح مونتاژ نیز نامیده می‌شود به محصول نهایی مونتاژی تبدیل می‌گردند . در این محیط‌ها علاوه بر آنکه چندین محصول با زیر اقلام خانواده خود تولید می‌گردند ممکن است یک یا چند قلم معین در یک یا چند مرحله بین چند محصول مشترک باشد که این نکته بر پیچیدگی چنین محیط‌هایی می‌افزاید .

¹ Number Of Products

² Single Product

³ Multi Product

2-11-5- تقاضا¹

تقاضا به عنوان یکی از پارامترهای ورودی مسئله تعیین اندازه انباشته مطرح می‌باشد که براساس معیارهای گوناگون دسته‌بندی‌های مختلفی دارد. در این قسمت سه دسته از این دسته‌بندی‌ها را بیان می‌کنیم.

اگر میزان تقاضا در طی زمان ثابت باقی بماند به آن تقاضای ثابت² گفته می‌شود. در مقابل آن تقاضای پویا قرار دارد که میزان تقاضای یک محصول در طی زمان تغییر می‌کند. در واقع اگر طی دوره‌های زمان‌بندی شده میزان تقاضا از یک دوره به دوره بعد ثابت بماند به آن تقاضای ثابت، و در غیر اینصورت به آن تقاضای پویا³ می‌گویند.

اما دسته‌بندی دوم براساس معین یا نامعین بودن میزان تقاضا مطرح می‌گردد. اگر میزان تقاضای یک محصول در طی زمان برنامه‌ریزی معین باشد، به آن تقاضای معین⁴ می‌گویند. باید توجه داشت که تقاضای ثابت و پویا نیز جز همین دسته بشمار می‌روند.

در برابر تقاضای معین¹، تقاضای نامعین² قرار دارد که خود شامل تقاضای فازی³، احتمالی⁴ و تصادفی⁵ می‌باشد. در این حالات عموماً برای تقاضا تابعی از سوی مشتری یا بازار تعیین می‌گردد تا تا برنامه‌ریزی تولید برای محصولات بر اساس آن صورت پذیرد.

¹ Demand

² Static Demand

³ Dynamic Demand

⁴ Deterministic Demand

دسته سوم طبقه‌بندی بر اساس ساختار محیط تعیین می‌گردد. اگر یک محیط تولیدی چند سطحی داشته باشیم تقاضای وابسته تعریف می‌گردد. یعنی تقاضای یک قلم در سطح بالاتر به تقاضای اقلام هم‌خانواده در سطوح پایین تر وابسته است. برای مدل‌های تک سطحی تقاضای غیروابسته معرفی شده است که تقاضای اقلام مستقیماً از سوی مشتری یا بازار تعیین می‌گردد.

با توجه به شرایط عدم قطعیت در دنیای واقعی برای مدل تعیین اندازه انباشته در محیط مونتاژی مختلط تقاضای وابسته‌ی پویای فازی در نظر گرفته شده است. به گونه‌ای که به علت چند سطحی بودن محیط، تقاضا وابسته به علت عدم معین بودن تقاضای دوره‌های مختلف میزان تقاضا بر اساس تابع عضویت هر یک از محصولات تعیین می‌گردد.

2-11-6- ظرفیت⁶

بر اساس تعریف نوع ظرفیت مسائل تعیین اندازه انباشته به دو دسته مسائل با محدودیت ظرفیت یا بدون محدودیت ظرفیت تقسیم می‌شوند. با توجه به شرایط دنیای واقعی و وجود محدودیت منابع، مدل‌های تعیین اندازه انباشته با محدودیت ظرفیت به شرایط واقعی نزدیکتر می‌باشند. زیرا در محیط‌های واقعی تولیدی، کارگاه‌ها غالباً با محدودیت‌هایی همچون نیروی انسانی، تجهیزات،

¹ Deterministic Demand

² Non Deterministic Demand

³ Fuzzy

⁴ Probabilistic

⁵ Stochastic

⁶ Capacity

ماشین‌آلات و بودجه مواجه می‌باشند. عموماً مسائل تعیین اندازه انباشته با محدودیت ظرفیت را در دسته‌ی مسائل با ظرف زمانی بزرگ در نظر می‌گیرند.

2-11-7- کمبود¹

به عنوان یکی دیگر از جنبه‌های مسئله تعیین اندازه انباشته که در بعضی از مدل‌ها مشاهده می‌شود، جنبه کمبود می‌باشد. کمبود که هزینه آن می‌تواند به دو صورت فروش از دست‌رفته یا جریمه دیرکرد در مدل‌های مربوط لحاظ گردد بر پیچیدگی مدل‌ها می‌افزاید.

2-11-8- محدودیت موجودی²

در بعضی از مسائل تعیین اندازه انباشته علاوه بر محدودیت منابع، برای میزان قابل نگهداری موجودی محصول به صورت‌های گوناگون نیز محدودیت قائل شده‌اند. محدودیت انبار یکی از این دسته محدودیت‌هاست که در مدل‌های تک محصولی و چند محصولی به صورت‌های مجزا تعریف می‌گردد. عموماً در چنین مسائلی برای هر یک از محصولات یک میزان فضای موردنیاز تعریف می‌گردد که کل مازاد تولید در یک دوره نباید از آن مقدار فراتر رود. دسته دیگر از این محدودیت‌ها شامل محدودیت زمان نگهداری محصولات می‌باشد. این مدل‌ها مرتبط با شرایط محصولات تولیدی و محیط تولیدی طراحی شده‌اند. محصولات لبنی و پروتئینی از همین دسته محصولات می‌باشند که در مدل‌های تعیین اندازه انباشته مرتبط با آنها باید ویژگی زمانی را در نظر گرفت.

¹ Shortage

² Inventori Capacity

2-11-9- انبار¹:

انبار هم می تواند محل ذخیره کالا باشد و هم بعنوان یک انبار عبوری در نظر گرفته شود. در حالت اول انبار، محصولات را ذخیره می کند و پس از صدور از سوی خرده فروشان به آنها تحویل داده می شود. سفارشات که نتوان بلافاصله تامین کرد ممکن است از دست برود و یا وارد صف سفارش شود. در این حالت انبارش محصولات، انبار را متحمل هزینه نگهداری می کند. ظرفیت انبار می تواند بصورت محدود و یا نامحدود در نظر گرفته شود. اگر انبار محل ذخیره کالا نباشد، تنها یک انتقال دهنده برای تحویل محصولات از تامین کننده به خرده فروش است و در نتیجه هزینه نگهداری در انبار وجود نخواهد داشت. انبار عبوری موقت در واقع یک مرکز توزیع هوشمند و پویاست که ورود و خروج کالا در آن به شیوه ای هوشمند و با هدف افزایش کارایی صورت می پذیرد. .

2-11-10- زمان تحویل²:

منظور از زمان تحویل مدت زمانی است که از لحظه صدور سفارش تا رسیدن آن به سیستم به طول می انجامد. مدت زمان تحویل را می توان بصورت قطعی و یا بصورت احتمالی در نظر گرفت. البته در بسیاری از مقالات این زمان لحاظ نشده است یعنی مقدار آن برابر صفر در نظر گرفته شده است.

¹ Ware House

² Lead Time

2-8- مروری بر تحقیقات پیشین

عدم قطعیت در محیط‌های صنعتی موجب سخت شدن مسائل زمان‌بندی تولید می‌شود. در بعضی موارد از طریق قواعد یا روش‌های ابتکاری ساده می‌توان این مشکلات را بر طرف نمود اما در برخی از موارد دیگر مدل‌سازی منطقی یا بهینه‌سازی پیچیده‌تری لازم است.

تحقیقاتی که در زمینه برنامه‌ریزی تولید صورت گرفته را می‌توان به دو دسته‌ی کلی تقسیم کرد. گروه اول تحقیقاتی که در آنها سعی شده با ارائه‌ی مدل‌های ریاضی برنامه تولید بهینه برای تولید محصولات در افق برنامه‌ریزی ایجاد کند و گروه دوم شامل تحقیقاتی می‌شود که در آنها از روش‌های ترکیبی برای حل مدل‌های ریاضی موجود در ادبیات موضوع استفاده شده است.

در قرن گذشته مباحث تخصیص و تسطیح منابع محدود در برنامه‌ریزی تولید، تکامل قابل توجهی داشته است. برنامه‌ریزی تأمین مواد یک روش مورد استفاده در تخصیص منابع محدود برنامه‌ریزی تولید برای تأمین قطعات و مواد اولیه محصولات نهایی است. به دنبال آن برنامه‌ریزی منابع ساخت و برنامه‌ریزی منابع سازمان بر مبنای ساختار برنامه تولید سلسله مراتبی ایجاد شده است. در این روش‌ها، برنامه اصلی تولید که از طریق پیش‌بینی تقاضای مشتریان حاصل شده است، به وسیله لیست مواد و قطعات به کوچک‌ترین اجزای هر یک از محصولات تعمیم داده می‌شود. یکی از

مشکلات اصلی در این سیستم‌ها عدم توجه نداشتن به محدودیت منابع است. در این سیستم‌ها اگر منابع موجود برای تولید کافی نباشند، بخشی از تولید با تأخیر انجام می‌شود یا به وسیله‌ی تخصیص منابع اضافی مورد نیاز، تلاش در اجرای برنامه تولید در موعد تحویل می‌شود. از یک طرف این تأخیرها در برنامه تولید می‌تواند باعث ایجاد برنامه‌های غیر عملی شود و از طرف دیگر تخصیص منابع اضافی توسط هر یک از این سیستم‌ها باعث افزایش هزینه شده که با هدف کاهش هزینه در تناقض است.

موضوع تخصیص و تسطیح منابع محدود برنامه‌ریزی تولید، با مقادیر تقاضای مشتریان و ظرفیت تولید در ارتباط مستقیم است و این رابطه به طور وسیع مطالعه شده است، اما پیشرفت اندکی در ارتباط با توزیع یکنواخت (تسطیح) منابع و محصولات در طول جدول زمان‌بندی تولید حاصل شده است. بر این اساس تعداد زیادی از مسائل برنامه‌ریزی تولید، از جمله مسائل تخصیص و تسطیح

منابع محدود در برنامه‌ریزی تولید چند محصولی با هزینه راه اندازی به عنوان مسائل **NP-Hard**

طبقه بندی شده‌اند. با توجه به سابقه طولانی و اهمیت بسیار بالای مسئله تعیین اندازه انباشته در برنامه‌ریزی تولید، مقالات مروری متعددی در ادبیات این موضوع ارائه شده‌اند که می‌توانند مبنای مناسبی برای آشنایی با تحقیقات انجام شده ایجاد کنند. رابینسون و همکاران [11] در قالب یک مقاله مروری مسئله تعیین اندازه انباشته محصولات با تقاضای گسسته، گونه‌های مختلف این مسئله و روش‌های حل ابتکاری و دقیق مطرح شده در ادبیات موضوع را بررسی کردند. جانز و دگراور [12]

مرور جامعی در ارتباط با مقالات متعددی که در زمینه کاربرد الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل

مسئله تعیین اندازه انباشته در ادبیات موضوع ارائه شده است، به انجام رسانده‌اند. روش‌های حل این مسائل اغلب به دو دسته روش‌های دقیق و ابتکاری تقسیم شده‌اند. ابسی و کداک [13] مسئله تعیین اندازه انباشته چند محصولی با ظرفیت محدود، زمان‌های راه‌اندازی، ذخیره احتیاطی و کمبود تقاضا را بررسی کردند، از تکنیک آزادسازی محدودیت ظرفیت منابع استفاده کرده و برای حل مسائل فرعی ایجادشده، الگوریتم برنامه‌ریزی پویا را ارائه کردند. با توجه به اینکه مسئله تعیین اندازه انباشته، جزو مسائل سخت محسوب می‌شود، برای حل این روش‌های ابتکاری نسبت به روش‌های دقیق به صورت کارا تر عمل می‌نماید با توجه به پیچیدگی مسئله تخصیص و تسطیح منابع محدود برنامه‌ریزی تولید چند مرحله‌ای، روش‌های ابتکاری و فراابتکاری به شکل گسترده‌ای توسط محققان مختلف برای حل آن، توسعه داده شده است. فرانکا و همکاران [14] یک روش ابتکاری شامل چهار الگو بر اساس انتقال تولید بین دوره‌ها ارائه کردند. در این روش، جواب اولیه توسط الگوریتم واگنر-ویتین تولید می‌شود و سپس از شیوه‌های مختلفی برای تولید جواب شدنی، جواب بهتر و یا حتی جواب اولیه با کیفیت بهتر استفاده می‌شود. کوتاک و همکاران [15] یک الگوریتم ابتکاری با عنوان الگوریتم اصلاح ضرایب با بالانس هزینه و کاهش راه‌اندازی برای یافتن جواب برای مسئله تعیین اندازه انباشته چند محصولی در سیستم مونتاژ کلی و با فرض وجود محدودیت‌های منابع متعدد ارائه کردند. اوزدامار و بارباروسوقلو [16] مسئله تعیین اندازه انباشته محصولات در یک سیستم تولید سریالی (چند مرحله‌ای) و همچنین بارگذاری آنها بر ماشین‌های موازی موجود در هر مرحله را با هدف برآورده کردن تقاضا در یک دوره برنامه‌ریزی، بررسی کردند. ظرفیت ماشین‌های

موجود در مراحل مختلف محدود است. آنها برای حل مسئله مطرح شده از تکنیک آزادسازی لاگرانژ

به همراه الگوریتم ژنتیک و شبیه‌سازی تبرید استفاده کردند و همچنین در این زمینه تحقیقات

دیگری هم انجام برای مسائل تعیین اندازه انباشته انجام شده است [17,18,19,20,21]. در ادامه،

اوزدامار و باباروسوقلو [22] دو الگوریتم ابتکاری برای حل مسئله تعیین اندازه انباشته چند

محصولی و چند سطحی پویا با ساختار کلی محصول ارائه کردند. الگوریتم‌های طراحی شده بر

مبنای ترکیب رویکرد آزادسازی لاگرانژی و ترکیب آن با دو نسخه مختلف از الگوریتم شبیه‌سازی

تبرید هستند. رجینا و لوئیز [23] یک روش ابتکاری برای حل مسئله تعیین اندازه انباشته در حضور

محدودیت ظرفیت ارائه کردند.

آلمدر [24] از ترکیب یک الگوریتم مورچگان با یک حل کننده‌ی دقیق برنامه‌ریزی خطی (عدد

صحیح)، رویکردی برای حل مسئله تعیین اندازه انباشته چند سطحی با محدودیت ظرفیت ارائه

کردند. از الگوریتم مورچگان برای تعیین تصمیم‌های اصلی تولید و از حل کننده برنامه‌ریزی خطی

برای محاسبه مقدار تولید و سطح موجودی استفاده کردند.

وانگ [25] از ترکیب الگوریتم جستجوی همسایگی و الگوریتم ژنتیک برای طراحی رویکرد حلی

برای مسئله‌ی تخصیص و تسطیح منابع محدود استفاده کردند. تمپلمیر و درستروف [26] یک روش

بر اساس ضرایب لاگرانژ توسعه دادند. آنها از راه حل واگنر-ویتین [27] به عنوان یک جواب اولیه

استفاده کرده و سپس با استفاده از ضرایب لاگرانژ سعی کردند تا یک راه حل عملی پیدا کنند. روش

لاگرانژ برای تخصیص منابع محدود در مسائل برنامه‌ریزی تولید توسط محققان دیگری نیز به کار

رفته و کارایی آن در تجزیه مسائلی که به منابع کمیاب می پردازند مورد تأیید قرار گرفته

است [28,29,30].

بیکر و برن در سال 1998 [31] عنوان کردند که دقت برنامه‌های ایجاد شده در محیط تولید تا حد زیادی به وجود عدم قطعیت بستگی دارد. آنها همچنین چهار فاکتور عدم قطعیت تقاضا، تعداد و زمان توقف‌ها در فرایند، زمان‌های تعمیرات و هزینه‌های تولید را به عنوان منشا عدم قطعیت نشان داده است. بیکر و برن [32] یک مدل برنامه ریزی خطی احتمالی برای در نظر گرفتن عدم قطعیت تقاضا در فرایند برنامه‌ریزی پیشنهاد دادند. توابع هدف متعددی برای مدل‌های بهینه سازی در محیط تولید در ادبیات موضوعی پیشنهاد شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. مینیم کردن هزینه، ماکسیم کردن سود، مینیم کردن سرمایه‌گذاری در موجودی، ماکسیم کردن رضایت مشتری، مینیم کردن تغییرات در نرخ تولید و مینیم کردن تغییرات در سطوح نیروی انسانی. در مدل‌های بهینه‌سازی مسائل تولید ادغامی معمولاً از توابع درآمد، هزینه و سود به عنوان اهداف استفاده می‌شود. فروکسافانرات و همکاران [33] عنوان می‌کنند که هیچ‌کدام از توابع هدف متداول برنامه‌ریزی تولید ادغامی به تنهایی توانایی ارزیابی عملکرد سیستم تولیدی ندارند. ایشان همچنین استفاده از توابع بازده را برای ارزیابی عملکرد سیستم تولیدی پیشنهاد می‌کنند. ایشان برای نمایش اختلاف موجود میان استفاده از هر یک از توابع هدف ذکر شده یک مثال موردی را به وسیله‌ی هر یک از توابع بصورت جداگانه حل و به مقایسه‌ی نتایج پرداختند.

چن و لیو [34] در مورد پیچیدگی زیاد و کاربردی نبودن مدل‌های بهینه‌سازی سنتی تک تابع هدفه بحث کردند و یک مدل بهینه‌سازی جدید ارائه دادند که با در نظر گرفتن محدودیت‌های متعدد محیط‌های تولیدی بهترین برنامه‌ریزی تولید ادغامی را انتخاب می‌کند. فیلی زاده و همکاران [35] تلاش کردند از مدل‌های موازنه‌ی زمان و هزینه برای محیط‌های تولیدی استفاده کنند. در این راستا آنها از سه نوع تابع هدف مینیمم سازی هزینه‌ی کل، مینیمم سازی زمان تولید کل، ماکسیمم سازی کارایی برای کوتاه کردن زمان تولید کل در مسائل تولید چند محصولی - چند دوره ای استفاده کرده‌اند. مورنو و مونتوگنا [36] یک مدل بهینه‌سازی برای برنامه‌ریزی ادغامی در سیستم تولید دسته‌ای ارائه دادند. مدل ایشان تغییرات دوره‌ای مقادیر پارامترهای مختلف مسئله از جمله هزینه‌ها، قیمت فروش، تقاضا و مواد اولیه را در بر می‌گیرد. تابع هدف آن ماکسیمم سازی سود است که از فروش، سرمایه‌گذاری موجودی‌ها، ضایعات، هزینه‌ی منابع و هزینه‌ی کمبود تشکیل شده است. استفن و شرلیک [37] مدل برنامه‌ریزی آرمانی پیشنهاد دادند که در آن اهداف شامل ماکسیمم سازی سود و بهره‌وری ماشین آلات و مینیمم سازی هزینه تعمیرات می‌شود. در این مدل محدودیت‌های عملیاتی متعددی نظیر ظرفیت تولید، سطوح نیروی انسانی، مکان کارخانه، بهره‌وری ماشین آلات و فضای انبار در نظر گرفته شده است. گارسیا و سباتر [38] یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای تصمیم‌گیری در مورد برنامه‌ریزی ادغامی ارائه دادند. در سیستم پیشنهادی ایشان از یک مدل بهینه‌سازی اعداد مختلط به عنوان هسته‌ی اصلی استفاده می‌شود. آنها با استفاده از این سیستم پیشنهادیشان

نظرات و منافع ذی‌نفعان را در فرایند برنامه‌ریزی وارد کردند و از تقویم‌های کاری متفاوت برای پرسنل تولید استفاده کردند.

زنجان و همکاران [39] یک مدل بهینه‌سازی آماری چند سطحی برای یافتن برنامه تولید بهینه در محیط تولید ارائه داده که در آن کیفیت مواد اولیه و متعاقباً توقف در فرایندها به صورت غیر قطعی در نظر گرفته شده بود. او همچنین در مورد برتری بهینه‌سازی استوار نسبت به بهینه‌سازی آماری در محیط‌های غیر قطعی بحث کرد و مدل بهینه‌سازی استوار با در نظر گرفتن عدم قطعیت ارائه کردند. کیم [40] در ادامه روش حل پیشنهادی برن و بیکر سعی کرد با استفاده از تخمین میزان بار کاری هر فعالیت و میزان استفاده از منابع در هر دور اجرای شبیه‌سازی، پارامترهای مربوطه را در حل برنامه‌ریزی خطی تصحیح کند و به این ترتیب برنامه بهینه با کمترین هزینه‌ی تولید را توسعه داد. آنها همچنین نشان دادند که روش پیشنهادیشان در مقایسه با روش برن و بیکر، به تعداد تکرار کمتری برای تولید جواب بهینه احتیاج دارد. برن و بیکر حسین [41] با توسعه‌ی روش ارائه شده‌ی برن و بیکر و روش کیم ترکیبی جدیدی پیشنهاد دادند که در آن از مفهوم تولید بهنگام استفاده شد. آنها با تقسیم بار کاری و ایجاد تغییرات لازم در نیازمندی‌ها و محدودیت‌های منابع مدل برنامه‌ریزی خطی ارائه شده را ارتقا دادند. روش آنها محصولات نیم ساخته در فرایند و زمان جریان کل مواد را کاهش می‌دهد. تاریم و کینگزمن [42] به مساله تعیین اندازه دسته تولید در حالت تک محصولی چند دوره‌ای با محدودیت سطح خدمت پرداخته و جواب بهینه را با استفاده از استراتژی عدم قطعیت ایستا -پویا به دست آورده‌اند. ساکس و موکستادت [43] یک مدل و یک روش حل

تقریبی برای مسأله برنامه‌ریزی تولید با افق محدود و محدودیت ظرفیت با تقاضای تصادفی برای چند محصول و با چند منبع تولید ارائه کرده‌اند. برای حل مدل روشی ارائه داده‌اند که مسأله را تجزیه کرده و با استفاده از ضرایب لاگرانژ جواب نزدیک به بهینه مدل را می‌یابند. بیتران و یاناسی [44] یک روش ابتکاری برای برنامه‌ریزی تولید چند دوره‌ای با محدودیت ظرفیت تولید و محدودیت سطح خدمت ارائه کرده‌اند. آنها یک تقریب قطعی (غیرتصادفی) از مدل احتمالی را توسعه داده‌اند که برای مثال‌های با سطح خدمت زیاد خطای نسبتاً کوچکی دارد. خانگ و فوجیورا [45] در روش خود به میزان فراوانی از کار بیتران و یاناسی استفاده کرده‌اند. آنها مسأله را به صورت یک مسأله جریان شبکه فرموله کرده‌اند. در این تحقیق، یک تقریب قطعی از مسأله احتمالی به دست آورده‌اند که می‌تواند با استفاده از روش‌های مناسب جریان شبکه حل شود. لیچمن و گاسکن [46,47] از یک روش پویا استفاده کرده‌اند که آن را روش ابتکاری طول‌های سیکل دینامیک¹ نامیده‌اند. ساکس و موکستادت [48,49,50] چهارچوبی را برای ترتیب‌یابی پویا پیشنهاد کرده‌اند. آنها مسأله تعیین اندازه دسته را با زمان و هزینه‌های آماده‌سازی بصورت برنامه‌ریزی احتمالی با دوره تصمیم‌گیری مشخص T فرموله کرده‌اند. مدل آنها می‌تواند به عنوان نسخه احتمالی مسأله تعیین اندازه دسته تولید با محدودیت ظرفیت قطعی² (CLSP) دسته‌بندی شود. بیجاری و حجی [51] مدلی را ارائه کرده‌اند که تا حدود زیادی با مدل بیتران و یاناسی مشابهت

¹ Dynamic Cycle Length

² Capacitated Lot Sizing Problem

دارد . مولا [52] به بررسی برخی از متون موجود در برنامه‌ریزی تولید در حالت عدم قطعیت پرداخته است. تمپلمیر [53] به مساله تعیین اندازه دسته پویا با تقاضای احتمالی در حالت پس‌افت پرداخته است. او مدلی را فرموله کرده که در آن هزینه‌های نگهداری و آماده‌سازی حداقل می‌شود. او محدودیت منفی نشدن موجودی در پایان دوره را در مدل خود در نظر گرفته است. هانگ و همکارش [54] یک فرمول‌بندی احتمالی برای مسائل تعیین اندازه دسته تولید در حالتی که هزینه تقاضا و فاصله زمانی تحویل احتمالی باشد، ارائه کرده‌اند. آنها خصوصیات جواب بهینه را مشخص و یک الگوریتم برنامه‌ریزی پویا برای حل ارائه کرده‌اند. گان و همکارش [55] مساله تعیین اندازه دسته احتمالی را با محدودیت موجودی و ظرفیت سفارش‌دهی بررسی کرده‌اند. آنها دو مدل در حالت احتمالی توسعه داده‌اند **1**: با محدودیت موجودی **2**: با محدودیت موجودی و محدودیت ظرفیت سفارش‌دهی. سپس روش حل توسط الگوریتم برنامه‌ریزی پویا ارائه شده است. زانگ [56] به مساله تعیین اندازه دسته در حالت پایدار دو مرحله‌ای بدون محدودیت ظرفیت با فرض عدم قطعیت در تقاضا و تابع هدف مینی‌ماکس پرداخته و فرمول‌بندی عدد صحیح مختلطی را برای مساله پیشنهاد کرده است. در سالهای اخیر هم پژوهش‌هایی در این زمینه انجام شده است که اکثراً در زمینه الگوریتم حل و مقایسه آن در شرایط مشابه می‌باشد [57,58,59,60,61].

فصل سوم:

مدل پیشنهادی و

الگوریتم‌های حل آن

3-1- مقدمه:

در این بخش به دنبال آن هستیم تا مدلی ارائه نماییم که علاوه بر تعیین اندازه انباشته در محیط تولید، بتواند با شرایط عدم قطعیت در میزان تقاضای مشتریان مواجه شود. بدین منظور این بخش را به دو قسمت کلی توسعه مدل واگنر ویتین و روش حل آن تقسیم کرده‌ایم.

3-2- تعریف مسئله:

در این مسئله افق برنامه‌ریزی در H دوره زمانی تشکیل شده است و تقاضا در هر دوره غیر منفی و مستقل از دیگر دوره‌ها و بصورت احتمالی با تابع چگالی مشخص می‌باشد. هزینه نگهداری (h_t) و هزینه کمبود (π_t) در پایان هر دوره به ازای هر محصول محاسبه می‌شوند. در این مسئله نسبت هزینه کمبود به نگهداری را برابر P در نظر می‌گیریم. هزینه راه‌اندازی (A_t) در هر دوره تولیدی محاسبه می‌شود و هزینه راه‌اندازی در دوره‌ای محاسبه می‌شود که انباشته در آن دوره وارد می‌شود. در دوره زمان‌بندی هیچ نوع تخفیفی وجود نخواهد داشت و همچنین قبل از دوره اول هیچ انباشته‌ای تولید نخواهد شد و اولین انباشته تولیدی در دوره اول وارد سیستم می‌شود. حال با توجه به نکات فوق، متغیرهای تصمیم مسئله را بصورت زیر بیان می‌کنیم:

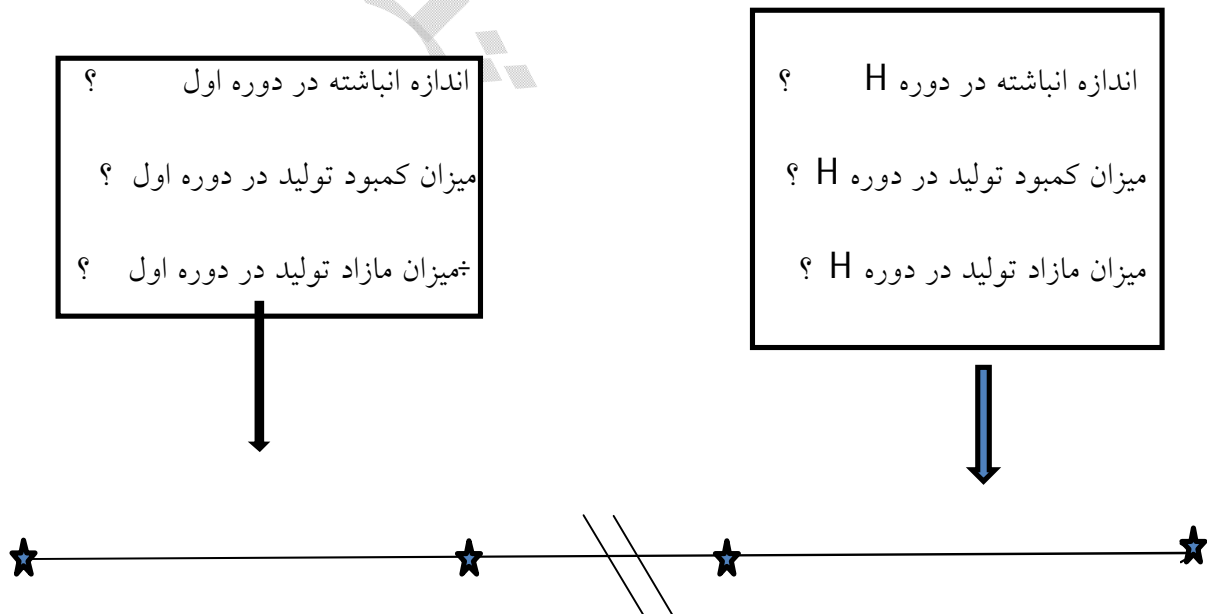
الف: اندازه انباشته محصول در پایان هر دوره

ب: میزان مازاد تولید محصول در پایان هر دوره

پ: میزان کمبود محصول در پایان هر دوره

در مدل برنامه‌ریزی سنتی فرض بر آن است که سیستم تولیدی قادر به پاسخگویی تمامی نیاز مشتریان یا بازار در زمان لازم می‌باشد و هدف آن یافتن اندازه انباشته بهینه است در حالیکه هزینه کل شامل هزینه‌های متغیر تولید و راه‌اندازی کمینه گردد. حال آنکه در مدل ارائه شده فرض بر آن است که با توجه به شرایط دنیای واقعی سیستم تولیدی قادر به پاسخگویی به تمامی تقاضا در یک زمان معین نیست (میزان تولید برابر میزان تقاضا نیست). بدین خاطر علاوه بر دو هزینه مطرح شده هزینه نگهداری مازاد و هزینه کمبود تولید هم اضافه می‌گردد که البته در این تحقیق از ارائه هزینه تولید صرف نظر می‌شود.

طرح شماتیک مسله تعیین اندازه انباشته با چنین شرایطی در شکل 3-1 آورده شده است





شکل 3-1 مسئله تعیین اندازه انباشته بهینه

3-3- مفروضات مسئله:

- 1- تقاضای محصول، تصادفی با توزیع نرمال.
- 2- توزیع تقاضا در هر دوره مستقل از دوره دیگر.
- 3- ظرفیت تولید محدود است.
- 4- هزینه‌های تولید نگهداری و فروش در دوره‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد.
- 6- هزینه آماده سازی داریم . از زمان آماده سازی صرفنظر می‌شود.
- 7- کمبود به دوره بعد منتقل می‌شود

3-4- علائم:

- اندیس‌ها

t : دوره زمانی $t=1,2,3,\dots,H$

I_t : ا نشان دهنده‌ی اولین دوره‌ای که انباشته وارد سیستم می‌شود و تا قبل از دوره I هیچ انباشته‌ای

وارد نمی‌شود

- پارامترها:

A_t : هزینه سفارش‌دهی در دوره t

h_t : هزینه نگهداری هر واحد محصول در دوره t

π_t : هزینه کمبود هر واحد محصول در دوره t

H : طول افق تصمیم‌گیری

I_0 : موجودی اولیه

M_t : حداکثر مقدار تولید محصول در دوره t

q : تقاضای تصادفی

$g_t(q)$: تابع چگالی احتمال در دوره t

$F_t(q)$: تابع توزیع تجمعی تا دوره t

- متغیرها:

S_t : مقدار تولید محصول در دوره t

$Z_t = \begin{cases} 1 & \text{اگر محصول در دوره } t \text{ تولید شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

I_t : مقدار موجودی در پایان دوره i

b_t : مقدار کمبود در پایان دوره i

3-5- مدل پیشنهادی:

مدل ارائه شده مدلی بر پایه مدل واگنر ویتین می باشد که هدف این مدل کمینه کردن مجموع

هزینه های راه اندازی، نگهداری و کمبود می باشد

$$\min \sum_{t=1}^H A_t Z_t$$

subject to:

محدودیت اول در این مدل محدودیت تعادل نامیده می شود که تعادل بین اندازه انباشته، مازاد تولید و

تقاضا را برآورده می سازد

$$I_t = I_{t-1} + S_t - q_t$$

محدودیت دوم که محدودیت ظرفیت می باشد تضمین می کند که اگر محصولی قرار باشد تولید شود حتما باید به اندازه حداکثر میزان مجاز در آن دوره باشد بعبارتی این محدودیت نشان دهنده حد بالای تولید در دوره مورد نظر می باشد.

$$S_t \leq M_t Z_t \quad \forall t = 1, 2, \dots, H \quad \text{رابطه (3-3)}$$

محدودیت سوم و چهارم بیان کننده مثبت بودن مقدار متغیرها در تابع هدف می باشد.

$$E(I_t^+) = E(\max(I_t, 0)) \quad \forall t = 1, 2, \dots, H \quad \text{رابطه (4-3)}$$

$$E(b_t) = E(\max(-I_t, 0)) \quad \forall t = 1, 2, \dots, H \quad \text{رابطه (5-3)}$$

و رابطه 6-3 و 7-3 هم نشان دهنده وضعیت متغیرها می باشد

$$S_t \geq 0 \quad \forall t = 1, 2, \dots, H \quad \text{رابطه (6-3)}$$

$$Z_t \in \{0,1\} \quad \forall t = 1, 2, \dots, H \quad \text{رابطه (7-3)}$$

همانطور که ملاحظه می‌شود محدودیت‌های مدل ریاضی، دارای ساختارهای متفاوت هستند که این امر سبب NP-HARD شدن مسئله می‌شود. لذا جهت حل مسئله می‌بایست از روش‌های ابتکاری و یا فرا ابتکاری استفاده نمود.

3-6- الگوریتم حل:

انواع الگوریتم‌های حل:

در حالت کلی الگوریتم‌های حل را می‌توان به سه دسته تقسیم‌بندی کرد:

1- نا آگاهانه: الگوریتم‌هایی که بر ویژگی‌های ساختاری مسئله و ساختار جواب متمرکز می‌-

شوند و با استفاده از آنها الگوریتم‌های سازنده و یا جستجوی محلی تعریف می‌کنند.

روش‌های جستجوی نا آگاهانه به قرار زیر هستند:

- جستجوی عمقی
- جستجوی سطحی
- جستجوی عمقی محدود شده
- جستجوی عمقی تکرار شونده

2- هیوریستیک

الگوریتم‌هایی که بر ترکیب یک چارچوب با مفهوم هیوریستیک با گونه‌هایی از برنامه ریزی ریاضی (معمولا روش‌های دقیق) متمرکز می‌شوند. در روش‌های جستجوی عمقی، جستجوی سطحی، جستجوی عمقی محدود شده و جستجوی عمقی تکرار شونده از هیچ تابعی برای تخمین میزان بهینگی هر گره استفاده نمی‌کنیم. تابعی که عمل تخمین بهینگی هر گره را انجام می‌دهد، تابع هیوریستیک می‌نامیم.

3- متاهیوریستیک

الگوریتم‌هایی که بر هدایت هیوریستیک یک الگوریتم سازنده یا جستجوی محلی متمرکز می‌شوند به گونه‌ای که آن الگوریتم بتواند بر شرایط حساس غلبه کند الگوریتم‌های متاهیوریستیک نامیده می‌شوند. الگوریتم‌هایی از قبیل الگوریتم شبیه‌سازی تبرید، الگوریتم جستجوی ممنوع، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم شبکه‌های عصبی و الگوریتم مورچگان نمونه‌ای از الگوریتم متاهیوریستیک می‌باشند.

الگوریتم حل در این تحقیق در واقع در دو مرحله اجرا می‌شود که با ترکیب دو الگوریتم PDLA و کوتاهترین مسیر در شبکه بدست می‌آید. گام اول این الگوریتم پیدا کردن مقدار بارگذاری بهینه برای هر مرحله به ازای مبدا بارگذاری $H < i_3 < i_2 < i_1 = 1$ می‌باشد که از طریق الگوریتم PDLA بدست می‌آید و گام دوم این الگوریتم پیدا کردن مسیر بهینه بارگذاری از مبدا مورد نظر می‌باشد که از روش کوتاهترین مسیر در شبکه بدست می‌آید.

گام اول:

در این قسمت فرض بر این است که A و J دوره های متوالی می باشند که انباشته تولیدی قابل دسترس است.

تابع هزینه هم در هر دوره به شکل زیر محاسبه می شود.

رابطه (3 - 8)

$$K(s, i, j) = A_i + \sum_{t=i}^{j-1} h_t$$

که مقدار تابع $f_t(q)$ برابر است با

$$\begin{cases} f_1(q) = \int_{x=0}^q g_1(x) dx \\ f_t(q) = \int_{x=0}^q g_t(x) dx \end{cases}$$

و همچنین مقدار $K(s, i, j)$ برای مقادیر $1 \leq i < j \leq H+1$ تعریف شده می باشد.

بر اساس الگوریتم PDLA مقدار انباشته از مشتق تابع زیر بر حسب بدست می‌آید که سمت چپ معادله نشان‌دهنده میانگین وزنی تابع توزیع تجمعی که بر پایه هزینه کمبود و هزینه نگهداری بنا شده است. طبق این رابطه مقدار $S^*(i,j)$ نشان‌دهنده یک ریشه منحصر به فرد از این معادله است .

$$\sum_{t=i}^{j-1} (h_t + \pi_t) F_t(s)$$

که با ثابت در نظر گرفتن مقادیر هزینه‌های نگهداری و کمبود در دوره‌های مختلف و با در نظر داشتن فرض الگوریتم، یعنی نسبت هزینه کمبود به هزینه نگهداری را که برابر p_t قرار می‌دهد رابطه زیر نتیجه می‌شود:

$$\sum_{t=i}^{j-1} \left[\frac{h_t + \pi_t}{\sum_{k=i}^{j-1} (h_k + \pi_k)} \right]$$

مقدار تابع $F_t(S)$ از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$F_t(s) = \int_0^s f_t(q) dq$$

قضیه 1:

$$s^*(j,k) \geq s^*(i,j) \quad \forall i < j < k$$

اثبات:

$$F_i(s) \geq F_{i+1}(s) \geq \dots \geq F_j(s) \geq \dots \geq F_{k-1}(s)$$

بنابراین

$$\begin{aligned} \sum_{t=i}^{j-1} \left[\frac{h_t + \pi_t}{\sum_{s=i}^{j-1} (h_s + \pi_s)} F_t(s) \right] &\geq \sum_{t=j}^{k-1} \left[\frac{h_t + \pi_t}{\sum_{s=i}^{k-1} (h_s + \pi_s)} F_t(s) \right] \\ \sum_{t=i}^{k-1} \left[\frac{h_t + \pi_t}{\sum_{s=i}^{k-1} (h_s + \pi_s)} F_t(s^*(j,k)) \right] &= \frac{p}{p+1} \\ &= \sum_{t=i}^{j-1} \left[\frac{h_t + \pi_t}{\sum_{s=i}^{j-1} (h_s + \pi_s)} F_t(s^*(i,j)) \right] \\ &\geq \sum_{t=i}^{k-1} \left[\frac{h_t + \pi_t}{\sum_{s=i}^{k-1} (h_s + \pi_s)} F_t(s^*(i,j)) \right] \end{aligned}$$

تفاوت مقدار طرفین در مقدار تابع توزیع تجمعی آن است و طبق تعریف می توان نتیجه گرفت که:

$$s^*(j,k) \geq s^*(i,j)$$

در این تحقیق تابع تقاضا بر حسب توزیع نرمال پایه گذاری شده است که در این صورت رابطه های

8-3 و 10-3 می توانند تغییر یابند.

در ابتدا اقدام به تعریف یک سری از پارامترهای توزیع نرمال و مشتقات حاصل از آن می‌نماییم.

μ_t و σ_t به ترتیب بیانگر انحراف معیار و میانگین تابع تقاضای تجمعی می‌باشند.

$\varphi(x)$ نشان دهنده تابع چگالی نرمال که برابر است با

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

$I_N(x)$ نشان دهنده اندازه انتگرال ناسره زیر می‌باشد

$$I_N(x) = \int_{z=x}^{\infty} (z -$$

$\Phi(x)$ نشان دهنده تابع توزیع تجمعی استاندارد می‌باشد

در این قسمت می‌خواهیم اثبات کنیم که اگر توزیع تابع نرمال باشد روابط زیر بدست می‌آید

$$K(s, i, j) = A_i + \sum_{t=i}^{j-1} h_t \sigma_t \{z_t + (1 + p)I_N(z_t)\} \quad \forall z_t = \frac{s - \mu_t}{\sigma_t} \quad \text{رابطه (12 - 3)}$$

لم 1:

$$\int_s^{\infty} (q - s)f(q) dq =$$

اثبات:

$$z = \frac{q - \mu}{\sigma} \implies q = z\sigma + \mu \implies dq = \sigma dz$$

$$f(q) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(q-\mu)^2}{2\sigma^2}} \implies$$

$$f(q = z\sigma + \mu) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(z\sigma+\mu-\mu)^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} = \frac{1}{\sigma} \varphi(z)$$

\implies

$$\implies f(q) dq = \varphi(z) dz$$

$$\begin{aligned} \int_s^\infty (q-s)f(q) dq &= \int_{z=\frac{s-\mu}{\sigma}}^\infty \sigma \varphi(z) dz \\ &= \sigma \int_{z=\frac{s-\mu}{\sigma}}^\infty \varphi(z) dz \end{aligned}$$

$$= \sigma I_N\left(\frac{s-\mu}{\sigma}\right)$$

لم 2:

$$\int_{-\infty}^s (s-q)f(q) dq = \frac{s-\mu}{\sigma} + \sigma I_N\left(\frac{s-\mu}{\sigma}\right)$$

اثبات:

$$\int_{-\infty}^s (s-q)f(q) dq + \int_s^\infty (s-q)f(q) dq = s - \mu$$

$$\int_{-\infty}^s (s - q)f(q) dq = s - \mu + \int_s^{\infty} (q - s)f(q) dq$$

با استفاده از لم 1 داریم:

$$\int_{-\infty}^s (s - q)f(q) dq = \sigma \left\{ \frac{s - \mu}{\sigma} + I_N \left(\frac{s - \mu}{\sigma} \right) \right\}$$

در رابطه 3-8 داشتیم

$$K(s, i, j) = A_i + \sum_{t=i}^{j-1} h_t \int_0^s (s - q)f_t(q) dq + \sum_{t=i}^{j-1} \pi_t \int_s^{\infty} (q - s)f_t(q) dq$$

و اکنون روابط بدست آمده را در این تابع جایگزین می‌کنیم

$$k(s, i, j) = A_i + \sum_{t=i}^{j-1} h_t \sigma_t \{z_t + I_N(z_t)\} + \sum_{t=i}^{j-1} \pi_t \sigma_t I_N(z_t) =$$

$$= A_i + \sum_{t=i}^{j-1} h_t \sigma_t \{z_t + (1 + p)I_N(z_t)\} \quad \text{رابطه (3-13)}$$

همچنین با توجه به اینکه تابع توزیع نرمال می باشد رابطه (3-10) بصورت زیر تغییر می کند

$$\sum_{t=i}^{j-1} \left[\frac{h_t + \pi_t}{\sum_{k=i}^{j-1} (h_k + \pi_k)} \right]$$

گام دوم:

گام دوم حل پیدا کردن مسیر بهینه بارگذاری می باشد که از طریق محاسبه کردن کوتاه ترین مسیر در

شبکه که دارای $H+1$ گره و کمان هزینه که با C_{ij} نشان می دهیم می باشد. بطور خلاصه این که در

این قسمت با کمک الگوریتم کوتاه ترین مسیر شبکه از تمام مسیرهای ممکن که از یک مبدا زمانی

شروع و به نقطه مورد نظر ختم می شود عبور می کنیم و تمام هزینه حاصل از حرکت در هر مسیر را

یادداشت می کنیم. سپس طبق روش زیر کوتاه ترین مسیر را برای حرکت انتخاب می کنیم

d_j : کمترین هزینه مسافت در حرکت از گره اول تا گره j ام

$$\begin{cases} d_1 = 0 \\ d_j = \min_{t < j} \{d_t + C_{tj}\} \quad \forall j = 2, 3, \dots, 13 \end{cases} \quad \text{رابطه (3-15)}$$

منابع پارس پروانه

فصل چهارم:

محاسبات و تحلیل نتایج

4-1- مقدمه

در بخش‌های قبلی پارامترهای عملیاتی مسئله‌ی برنامه‌ریزی تولید ادغامی و الگوریتم‌های پیشنهادی شرح داده گردید. در این فصل یک مسله را به صورت تصادفی تولید سپس به تنظیم پارامترهای روش‌های حل توسط روش **PDLA** پرداخته آنگاه اقدام به حل آن می‌کنیم.

بخش‌های مختلف این الگوریتم در نرم‌افزار **matlab 11** و در یک دستگاه لب‌تاپ با ویژگی‌های زیر اجرا شده است.

processor: intel(R) Core™ 2 Due CPU T9600 @ 2.80 GHz

Installed memory (RAM): 4.00 GB

System type : 64-bit Operating System

2-4- مثال عددی:

در این تحقیق اقدام به حل یک مسئله برنامه‌ریزی ادغامی که در یک دوره زمانی 12 ماهه (یک ساله) و بصورت تک محصولی می‌باشد کرده‌ایم.

تقاضا مستقل از دوره‌های دیگر از توزیع نرمال پیروی می‌کند.

در جدول 1-4 همه اطلاعات مربوط به مسئله نشان داده شده است.

جدول 1-4 اطلاعات مسئله

Period	Capacity	Cost			period demand $g_t(q)$		cumulative demand $f_t(q)$	
		setup	holding	backlog	Mean	s.d	mean	s.d
1	150	85	1	9	69	7.7	69	7.7
2	90	102	1	9	29	3.2	98	8.3
3	120	102	1	9	36	4	134	9.2
4	140	101	1	9	61	6.8	195	11.4

5	100	98	1	9	61	6.8	256	13.3
6	170	114	1	9	26	2.9	282	13.6
7	145	105	1	9	34	3.8	316	14.1
8	120	86	1	9	67	7.4	383	16
9	115	119	1	9	45	5	428	16.7
10	150	110	1	9	67	7.4	495	18.3
11	135	98	1	9	79	8.8	574	20.3
12	90	114	1	9	56	6.2	630	21.2

این مسئله بر گرفته شده از مسئله واگنر ویتین در سال 1958 می‌باشد که می‌خواهیم با ترکیب الگوریتم pdla و کوتاه‌ترین مسیر با در نظر گرفتن ظرفیت تولید آنرا حل کنیم و به مقایسه آن پردازیم

در ابتدا باید مقدار $s^*(i,j)$ طبق الگوریتم PDLA بدست بیاوریم.

طبق رابطه 3 – 11 مقادیر جدول 4-2 توسط نرم افزار متلب محاسبه شده است

جدول 4-2 نتایج محاسبات اندازه انباشته در دوره های مختلف

from	To
------	----

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	79	105	139	198	256	280	309	369	410	460	518	589
2		109	142	201	259	283	313	374	415	472	531	595
3			146	205	263	286	316	379	420	480	547	602
4				210	267	289	320	383	424	485	557	608
5					273	294	323	387	428	490	563	614
6						299	328	391	432	495	569	620
7							334	396	437	500	574	625
8								403	442	505	579	630
9									449	510	585	636
10										518	591	641
11											600	648
12												657

حال می‌خواهیم نشان دهیم رابطه 3-14 به ازای هر $S^*(i,j)$ برقرار می‌باشد

که در رابطه 3-14 اگر مقادیر هزینه‌های کمبود و نگهداری در همه دوره‌ها برابر باشد این رابطه بصورت زیر تغییر می‌کند.

$$\frac{\sum_{t=i}^{j-1} \Phi(z_t)}{j-i} = \frac{P}{P+1}$$

طبق جدول (2-4) مقدار $S^*(4,10)$ را که برابر است با 424 مورد آزمایش قرار می دهیم

$$\frac{\sum_{t=4}^9 \Phi(z_t)}{6} = \frac{1}{6} [\Phi(20.00) + \Phi(12.63) + \Phi(10.43) + \Phi(7.64) + \Phi(2.57) + \Phi(-0.24)]$$

$$= \frac{1}{6} [1.00000 + 1.00000 + 1.00000 + 1.00000 + 0.99487 + 0.40555] = 0.9$$

بعد از بدست آوردن اندازه انباشته در هر مبدا زمانی به محاسبه هزینه آن می پردازیم. جدول 3-4 در برگیرنده کمان هزینه ای است وقتی که مقدار تولید تجمعی بهینه در آن دوره اتفاق می افتد.

$$C_{ij} = k(s^*(i,j))$$

جدول 3-4 هزینه تولید انباشته از مبدا i تا j

from	To											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	98.5	137.3	218.1	413.3	666.1	798	997.8	1461.2	1809.7	2384.4	3123	3734.8
2		116.6	164	299.9	494.7	602.8	772.8	1175.3	1482.7	2003.1	2684.6	3226.9
3			118.2	195.1	331.5	416.4	555.7	896.6	1163	1624.5	2240.9	2726.6
4				121.1	199.4	261.8	370.9	647.7	874	1275.2	1821.4	2255.3
5					121.5	162.3	241.4	454.7	639.9	979.6	1453.8	1836.7
6						138	187.8	337.6	482.3	758.1	1158.9	1492.1
7							129.9	216.9	320.6	534	860	1142.1
8								114.1	178.1	329	581	810.9
9									148.5	237.6	414.7	594.4
10										142.3	246.2	375.4
11											133.6	213.8
12												151.3

در این بخش و در گام دوم روند حل، با در نظر گرفتن ظرفیت تولید اقدام به ساختن شبکه هزینه می‌نماییم و در ادامه با در نظر گرفتن رابطه 3-15 اقدام به پیدا کردن مسیر مورد نظر می‌کنیم.

جدول 4-4 شبکه هزینه

from	To											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	98.5	137.3	218.1									
2		215.1	262.5									
3			255.5	332.5								
4				339.2	417.6							
5					453.9	494.7						
6						555.6	605.4	755.2	899.9			
7							609.8	696.8	800.5			
8								688	752			
9									836.4	925.6		
10										894.2	998.1	
11											1027.9	1108
12												1149.4
مسیر حرکت کمترین هزینه برای رسیدن از گره i تا گره j	1	1	1	3	4	5	6	8	8	10	10	11
	98.5	137.3	218.1	332.5	417.6	494.7	605.4	688	752	894.2	998.1	1149.4

حال برای پیدا کردن مسیری که کمترین هزینه را شامل می شود طبق رابطه (3-15) عمل می کنیم.

ابتدا روابط زیر طبق رابطه (3-15) بازنویسی شده‌اند:

$$d_1=0$$

$$d_2=\min\{d_1+C_{1,2}\}=98.5$$

$$d_3=\min\{d_1+C_{1,3}, d_2+C_{2,3}\}=\min\{137.3 \text{ و } 215.1\}=137.3$$

$$d_4=\min\{d_1+C_{1,4}, d_2+C_{2,4}, d_3+C_{3,4}\}=\min\{218.1 \text{ و } 262.5 \text{ و } 255.5\}=218.1$$

$$d_5=\min\{d_3+C_{3,5}, d_4+C_{4,5}\}=\min\{332.5 \text{ و } 339.2\}=332.5$$

$$d_6=\min\{d_4+C_{4,6}, d_5+C_{5,6}\}=\min\{417.6 \text{ و } 453.9\}=417.6$$

$$d_7=\min\{d_5+C_{5,7}, d_6+C_{6,7}\}=\min\{494.7 \text{ و } 555.6\}=494.7$$

$$d_8=\min\{d_6+C_{6,8}, d_7+C_{7,8}\}=\min\{605.4 \text{ و } 609.8\}=605.4$$

$$d_9=\min\{d_6+C_{6,9}, d_7+C_{7,9}, d_8+C_{8,9}\}=\min\{755.2 \text{ و } 696.8 \text{ و } 688\}=688$$

$$d_{10}=\min\{d_6+C_{6,10}, d_7+C_{7,10}, d_8+C_{8,10}, d_9+C_{9,10}\}=\min\{899.9 \text{ و } 800.5 \text{ و } 752 \text{ و } 836.4\}=752$$

$$d_{11}=\min\{d_9+C_{9,11}, d_{10}+C_{10,11}\}=\min\{925.6 \text{ و } 894.2\}=894.2$$

$$d_{12} = \min\{d_{10} + C_{10,12}, d_{11} + C_{11,12}\} = \min\{998.1, 1027.9\} = 998.1$$

$$d_{13} = \min\{d_{11} + C_{11,13}, d_{12} + C_{12,13}\} = \min\{1108, 1149.4\} = 1108$$

حال از انتها به دوره اول مسیر بهینه را پیدا می‌کنیم:

دوره اول $\rightarrow d_4 \rightarrow d_6 \rightarrow d_8 \rightarrow d_{10} \rightarrow d_{11} \Rightarrow$ دوره آخر

جدول 4-5 نحوه پیدا کردن مسیر بهینه

from	To											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	98.5	137.3	218.1									
2		215.1	262.5									
3			255.5	332.5								
4				339.2	417.6							
5					453.9	494.7						
6						555.6	605.4	755.2	899.9			
7							609.8	696.8	800.5			
8								688	752			
9									836.4	925.6		
10										894.2	998.1	
11											1027.9	1108
12												1149.4
مسیر حرکت کمترین هزینه برای رسیدن از گره i تا گره j	1	1	1	3	4	5	6	8	8	10	10	11
	98.5	137.3	218.1	332.5	417.6	494,7	605,4	688	752	894.2	998.1	1149.4

طبق محاسبات انجام شده مسیر بهینه بارگزاری برای این شبکه مسیر { 1 - 4 - 6 - 8 - 10 - 11 } می باشد که انباشته ها در ابتدای این دوره ها در سیستم قابل دسترسی می باشند و طبق جدول 2-4 مقدار انباشته تجمعی در این مسیر بصورت { 139 - 267 - 328 - 442 - 518 - 648 } می باشد. اولین انباشته در دوره اول برابر 139 می باشد که با کم کردن آن از مقادیر توزیع تجمعی مقدار انباشته ورودی در زمان های مورد نظر مشخص خواهد شد. مقادیر انباشته مورد نظر بصورت { 139 - 128 - 61 - 114 - 76 - 130 } می باشد.

حال به بررسی مثالی دیگر در این زمینه می پردازیم:

جدول 4-6 اطلاعات مسئله

period	capacity	cost				period deman		cumulative demand	
		setup	product	holding	backlogging	mean	s.d	mean	s.d
1	200	85	10	14	100	70	7.7	70	7.7
2	180	102	10	14	110	35	3.2	105	8.3
3	200	102	10	15	100	42	4	147	9.2
4	190	101	10	11	90	25	6.8	172	11.4
5	600	98	10	10	100	61	6.8	233	13.3
6	400	114	10	12	85	19	2.9	252	13.6
7	450	105	10	8	100	32	3.8	284	14.1
8	350	86	10	8	100	55	7.4	339	16
9	500	119	10	5	80	45	5	384	16.7
10	500	110	10	7	100	60	7.4	444	18.3

11	600	98	10	7	100	44	8.8	488	20.3
12	700	114	10	9	90	30	6.2	518	21.2

from	to								
------	----	--	--	--	--	--	--	--	--

منابع پارس پرو

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	79	118	165	199	269	292	330	396	448	519	576	616
2		115	162	196	266	289	327	393	445	516	573	613
3			158	192	262	285	323	389	441	512	569	609
4				187	257	280	318	384	436	507	564	604
5					251	274	312	373	430	501	558	591
6						271	309	375	427	498	555	595
7							304	370	422	493	550	590
8								362	414	485	542	582
9									409	480	537	577
10										471	528	568
11											518	558
12												553

جدول 4-7 نتایج محاسبات اندازه انباشته در دوره های مختلف

$$C_{ij}=k(s^*(i,j))$$

جدول 8-4 هزینه تولید انباشته از مبدا i تا j

from	To											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	130,1	151,3	229,1	468,3	687,1	802	1000,8	1500,2	1839,7	2564,4	3233	3965,2
2		149,7	210,2	340,2	494,7	610,8	786,9	1273,3	1712,7	2003,1	2884,6	3566,9
3			186,2	255,1	371,5	526,4	645,7	996,6	1463	1924,5	2540,9	3026,6
4				210,5	299,3	421,8	570,9	847,7	1274	1575,2	1921,4	2955,3
5					256,3	345,4	412,4	764,7	889,9	1349,2	1753,8	1836,7
6						300	407,1	537,6	782,3	958,1	1358,9	1692,1
7							386,3	444,9	620,6	734	1110,2	1412,6
8								412,4	578,1	629	981,8	1224,1
9									448,5	527,5	788,7	900,4
10										451,1	636,3	711,7
11											502,6	661,5
12												541,7

$$C_{ij}=k(s^*(i,j))$$

جدول 9-4 هزینه تولید انباشته از مبدا i تا j با در نظر گرفتن محدودیت

from	To											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	130,1	151,3	229,1	468,3								
2		149,7	210,2	340,2	494,7							
3			186,2	255,1								
4				210,5	299,3	421,8	570,9					
5					256,3	345,4	412,4	764,7				
6						300	407,1	537,6				
7							386,3	444,9	620,6			
8								412,4	578,1			
9									448,5	527,5	788,7	
10										451,1	636,3	711,7
11											502,6	661,5
12												541,7

جدول 10-4 شبکه هزینه

from	To											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	130,1	151,3	229,1	468,3								
2		279,8	330,2	493,4								
3			502	594,6								
4				636,9	703,4	834,1						
5					804,7	812	1123,3	1386,3				
6						912,8	12421	1457,9	1755,2			
7							1443,1	1561,2	1726,4			
8								1609,3	1882,1			
9									1923,6	2145,5	2244,1	
10										2231,4	2389,9	2400,8
11											2517,4	2643,2
12												2712,9

فصل پنجم:

نتیجه گیری و پیشنهادات

پروژه

5-1- مقدمه

مسائل برنامه‌ریزی تولید ادغامی یکی از مسائل شناخته شده در حوزه‌ی برنامه‌ریزی تولید می‌باشد، این مسئله در دسته برنامه‌ریزی میان مدت و کوتاه مدت قرار می‌گیرد که از سوی محققان و فعالان عرصه‌ی صنعت بسیار مورد توجه است. هدف اصلی این مسئله تنظیم سطوح تولید محصولات مختلف در افق برنامه‌ریزی به نحوی که تقاضای بازار پوشش داده شود. به دلیل وجود نوسانات در بازار همواره روش‌هایی برای جذب تقاضا از سوی محققین و صنعت‌گران مطرح شده است. این روش‌ها می‌توانند شامل تولید با نرخ متغیر، نگهداری موجودی، برنامه‌ریزی کمبود و تامین قطعات از طریق قرارداد جانبی باشد که بدلیل وجود پارامترهای محیطی متعدد و پیچیدگی ذاتی مسائل تولیدی تصمیم‌گیری در مورد مسائل مطرح شده سخت می‌گردد و بدون بهره‌گیری از مدل‌های برنامه‌ریزی نمی‌توان پاسخ مناسبی برای این مسائل پیدا کرد.

5-2- خلاصه‌ی فصول

در این رساله ابتدا مدل‌های برنامه‌ریزی ادغامی مرور گردید سپس به معرفی ادبیات برنامه‌ریزی ادغامی پرداخته و مروری بر کارهای گذشته انجام شده بر روی مسائل برنامه‌ریزی تولید ادغامی صورت گرفت. فصل اول این تحقیق به بررسی مسئله‌ی مورد بحث در این رساله می‌پردازد. مرور ادبیات و پیشینه‌ی تحقیق و کارهای انجام شده‌ی نزدیک به موضوع تحقیق در فصل دوم بررسی شد.

در فصل سوم مدل پیشنهادی را ارائه کرده و توضیحات مفصلی در مورد مفروضات ، محدودیت‌ها و تابع هدف ارائه گردید. در ادامه و در فصل چهارم الگوریتم‌های PDLA و جستجوی کوتاهترین مسیر در نظر گرفته شده جهت حل بطور کامل شرح داده شده است. در فصل پنجم نتایج حل توسط نرم افزار matlab بیان شده است. در فصل جاری نیز خلاصه‌ای همراه نتیجه‌گیری و همچنین افق‌هایی برای تحقیقات آتی پیشنهاد گردیده است.

3-5- نتیجه‌گیری

مدلی که در این تحقیق در نظر گرفته شده یک مدل برنامه‌ریزی با تقاضای احتمالی و با دارا بودن ظرفیت تولید می‌باشد. در این تحقیق با ترکیب دو الگوریتم PDLA و الگوریتم کوتاهترین مسیر سعی در حل مسئله واگنر ویتین داشته‌ایم. مزیت این الگوریتم نسبت به سایر الگوریتم‌های ابتکاری در نظر گرفتن ذات مسئله یعنی احتمالی بودن تقاضا است. در الگوریتم‌های قبلی مسایل زمان‌بندی تولید با تقاضای احتمالی ابتدا با قطعی کردن تقاضا و با در نظر گرفتن مقداری ذخیره اطمینان اقدام به حل این قبیل مسایل گردیده است.

در سال 2011 آقای وارگاس [62] الگوریتمی بهینه را برای مسایل احتمالی واگنر ویتین ارائه کرده (الگوریتم PDLA) و با ارائه یک سری آزمایشات و مثال، نشان داده‌اند که این الگوریتم علاوه بر حذف ذخیره اطمینان در طول دوره زمان‌بندی ، هزینه کل را هم کاهش داده است.

اما این الگوریتم برای مسایل زمان‌بندی که دارای ظرفیت تولید می‌باشند دارای کاستی می‌باشد به همین منظور با ترکیب آن با الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر سعی در بهبود این الگوریتم کرده‌ایم.

4-5- پیشنهادات برای تحقیقات آتی

تحقیقات آتی در ادامه‌ی رساله‌ی حاضر را می‌توان در بخش‌هایی که ارائه می‌شود انجام داد:

- 1- پیشنهادات در زمینه‌ی توسعه‌ی مدل
 - مسیر تولید را می‌توان در این مدل لحاظ کرد.
 - محدودیت‌هایی همچون ظرفیت انبار را هم می‌توان برای این مسئله در نظر گرفت.
- 2- پیشنهادات در زمینه‌ی روش‌های حل
 - اثر زمان تدارک¹ را در این مدل لحاظ کرد.
 - الگوریتم حل را برای مسائلی که دارای توابع توزیع مختلف در دوره‌های زمان‌بندی می‌باشند می‌توان توسعه داد.

¹ lead time

منابع و مراجع

- [1]- آریا نژاد، میر بهادر قلی، برنامه ریزی سیستم های تولیدی، 1387. چاپ چهارم، انتشارات ترمه
- [2]- تقی زاده، کاوه. یک مدل فازی برای برنامه ریزی چند محصولی چند دوره ای با در نظر گرفتن مسیر تولید، 1389، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون
- [3]- نجاتی، محسن. تعیین اندازه دسته در مسایل زمان بندی دو مرحله ای برای کمینه سازی زمان تکمیل وزنی با محدودیت شیفت کاری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون مازندران، بهار 89
- [4]- کزازی، ابوالفضل. بیابانی، حسن. برنامه ریزی ادغامی با استفاده از الگوریتم ژنتیک، کنتولر، 78-101
- [5]- جعفر نژاد، احد.، مدیریت عملیات و برنامه ریزی تولید، جلد دوم، 1370، چاپ اول، انتشارات دانشکده ی علوم اداری و مدیریت بازرگانی دانشگاه تهران

- [6]- روح روان، حمید. برنامه ریزی تولید میان مدت کاربردی در کارخانه جات ساخت و مونتاژ کشور، 1375، پایان نامه ی کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس
- [7]- آریا نژاد، میر بهادر قلی. 1370، برنامه ریزی تولید ادغامی، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب
- [8]- قاضی زاده، رسا. ارائه مدل برنامه ریزی تولید ادغامی چند هدفه ی فازی ترکیبی با اثر یادگیری و زوال و کاربرد برنامه ریزی آرمانی فازی در آن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، زمستان 91
- [9]- Vanhop,N.(2007),Solving fuzzy (stochastic) linear programming problem using superiority and inferiority measures. information sciences.177,1977-1991
- [10]- Mula, Poler,R.,Garcia,Sabater,Lario,F.C,(2008), Models of production planning under uncertainty,a review , international journal of production economics.103, 271-285

- [11]-Robinson, P., Narayanan, A. and Sahin, F. (2009). "Coordinated deterministic dynamic demand lot-sizing problem: A review of models and algorithms." *Omega*, Vol. 37, PP. 3–15.
- [12]- Jans, R. and Degraeve Z. (2007). "Meta-heuristics for dynamic lot sizing: A review and comparison of solution approaches." *European Journal of Operational Research*, Vol. 177, PP. 1855–1875.
- [13]- Absi, N. and Kedad-Sidhoum, S. (2009). "The multi-item capacitated lot-sizing problem with safety stocks and demand shortage costs." *Computers & Operations Research*, Vol. 36, PP. 2926-2936.
- [14]- Franca, P.M., Armentano, V.A., Berretta, R.E. and Clark, A. (1997). "A heuristic for lot-sizing in multistage systems." *Computers and Operations Research*, Vol. 24. No. 9, PP. 861-874.
- [15]-Katok, E., Lewis, H.S. and Harrison, T.P. (1998). "Lot sizing in general assembly systems with setup costs, setup times and multiple constrained resource." *Management Science*, Vol. 44, No. 6, PP. 859-877.
- [16]- Ozdamar, L. and Barbarosoglu, G. (1999). "Hybrid heuristics for the multi-stage capacitated lot sizing and loading problem." *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 50, No. 8, PP. 810-815.
- [17]- Eberhart, R. C., & Shi, Y. (1998). Comparison between genetic algorithms and particle swarm optimization. In Proceedings of the 7th international conference on evolutionary programming VII (pp. 611–616). Springer-Verlag
- [18]- Maes, J., Van Wassenhove, L., 1988. Multi-item single-level capacitated dynamic lot-sizing heuristics: A general review. *Journal of the Operational Research Society* 39, 991–1004.

- [19]- A.I. SHAWKY and M.O.A Bou – El – ATA, “constrained Production Lot – size model with tradecredit policy: “a comparison geometric programming approach via Lagrange” , Production planning and control , Vol. 12 , No. 7-2001
- [20]- Jozsef Voros, “ on the relaxation of Multi - Level Dynamic Lot – sizing models” , International journal of Production economics, Vol.77 , 2002.
- [21]- Murali sambasivan , Salleh yahya , “A lagrongean – based heuristic for Multi –plant , Multi – Item , Multi –period capacitated Lot – sizing problems with inter – plant transfers” , computers and operations research , 2004.
- [22]- L.Ozdamar, G. Barbarosoglu, An intergreated Lagrangean – relaxation – Simulated annealing approach to the multi-Level multi-item Capacited Lot – Sizing Problem. International Journal of Production Economic 68 (200) 319-331
- [23]- Regina, B. and Luiz, F.R. (2004). "A memetic algorithm for a multi-stage capacitated lot-sizing problem." *International Journal of Production Economics*, Vol. 87, No. 1, PP. 67-81.
- [24]- Almeder, C. (2010). "A hybrid optimization approach for multi-level capacitated lot-sizing problems." *European Journal of Operational Research*, Vol. 200, PP. 599–606.

- [25]-Wang, H.F. and Wu, K.Y. (2001). "Hybrid genetic algorithm for models with permutation property." *Computers and Operations Research*, Vol. 31, No. 14, PP. 2453-2471.
- [26]-Tempelmeir, H. and Derstroff, M. (1996). "A lagrangean – based heuristic for dynamic multi – level multi–time constrained lot-sizing with setup times." *Management Science*, Vol. 42. No. 5, PP. 738-757.
- [27]- Wagner, H., Whitin, T., 1958. Dynamic version of the economic lot-size model. *Management Science* 5, 89–96.
- [28]-Linot, O. and Gulay, B. (2000). "An integrated Lagrangean relaxation-simulated annealing approach to the multi-item capacitated lot sizing problem." *International Journal of Production Economic*, Vol. 68, PP.319-331.
- [29]-Sambasivan, M. and Yahya, S. (2004). "A lagrangain-based heuristic for multi-plant, multi-item, multi-Period Capacitated lot-sizing." *International Journal of Production Economic*, Vol. 134, PP. 285-301.
- [30]-Thizy, J.M. (1991). "Lagrangain heuristics for the capacitated multi-item capacitated lot sizing problem." *Inform*, Vol. 29, No. 4, PP. 271-283.
- 31- Bakir , M .Byrne, D.(1998) , Stochastic linear optimisation of MPMP production planning model. *International journal of production economics*. 55,87-96
- [32]- Bakir , M .Byrne, D.(1999),Production planning using a hybrid simulation analytical approach. *International journal of production economics*. 59.305-311

- [33]- Phruksaphanrat,B.Ohsato,A.Yenradee,P.(2006), A comment of formulation of an aggregate production planning problems.ieee.(2006)-conference on cybernetics and intelligent systems,7-9 june, patumatani ,1-6
- [34]- Chen , Y .K .Lio(2003),An investigation on selection of simplified aggregate production planning strategies using madm approach , International journal of production research ,41,3359-3374
- [35]- Feylizadeh, M. . Modarres, M. Bagherpour,M.(2008), Optimal crashing of multi period-multi product production planning problems.a world applied sciences journal, 4,499-505
- [36]- Moreno,M.S.Montogna,J.M.(2009), A multi period model for production planning and design in a multiproduct batch environment.mathematical and computer modeling, 49.1372-1385
- [37]- Stephen C.H, Shirley S.W. ,(2009), A goal programming model for aggregate production planning with resource utilization constraint. Computers & Industrial Engineering 56 . 1053–1064
- [38]- Garcia-Sabater,J.P.Maheut,J.,(2009),A decision support system for aggregate production planning based on milp: a case study from the automotive industry,cie'2009-computers and industrial engineering conference.6-9 july,troyes,france.366-371
- [39]- Zanjani,M.K.Nourelfath,M.Ait-Kadi,D.(2009), A multi-stage stochastic programming approach for production planning with uncertainly

in the quality row material and deman, *International journal of production research*, 16.4071-4073

[40]- Kim,B.Kim,S.(2000),Extended model for hybrid production planning approach. *International journal of production economics*,73,165-173

[41]- Byrne,M.D.Hossain,M.M.(2005),Production planning: an impraved hybrid approach. *International journal of production economics*,93.225-229

[42]-Tarim S.Armagan, G.Kingsman Brian(2004). "The stochastic dynamic production/ inventory lot-sizing problem with service-level constraints", *International journal of production economics*, 88,105-119.

[43]- Sox,C. R.,Muckstadt, J.A.(1996). Multi-item, multi-period production planning with uncertain demand, *IIE Transactions*, 28, No. 891-900.

[44]- Bitran G.R. ,Yanasse H.H.(1984)."Deterministic approximations to stochastic production problems", *Operations Research* , 32, 999-1018.

[45]- Khang D.B., Fujiwara O.,(1993)."Multi period network flow problems with service level requirements" ,*IIE Transaction*, 25, 2, 104-110.

[46]- Leachman R.C., Gascon A. (1988). "A heuristic scheduling policy for multi-item, single-machine production systems with time-varying tochastic demands", *Management Science*,34 ,377-390.

[47]- Leachman R.C., Xiong Z.K., Gascon A., Park K. (1991).Note: "An improvement to the dynamic cycle lengths heuristic for scheduling the multi-item, single-machine", *Management Science* ,37 (9) ,1201-1205.

- [48]- Sox C.R., Muckstadt J.A.(1997). "Optimization-based planning for the stochastic lot scheduling problem", *IIE Transaction*,29 (5) ,349-357.
- [49]-Sox C.R.,(1997). "Dynamic Lot-sizing with random demand and non-stationary costs", *Operations Research letter*,20,155-164.
- [50]-Sox, C.R., Jackson P.L., Bowman Alan, Muckstadt J. A.(1999). "A review of the stochastic lot scheduling problem", *International journal of Production Economics*,62,181-200.
- [51]- Bijari M. ,Haji R.(2004)."The Single Period News- vendor Problem With Stochastic Initial Inventory" , *International Journal of Engineering Science*, 15,47-54.
- [52]- Mula J.,Poler R., Garcí'a-Sabater J.P., LarioF.C. (2006). "Models for production planning under uncertainty: A review" , *Production Economics*,103,271-285.
- [53]- TempelmeierH.(2007). "On the stochastic uncapacitated dynamic single-item lotsizing problem with service level constraints", *European Journal Of Operational Research*,181,184-194.
- [54]- Huang k., Kucukyavuz s.(2008)."On stochastic lot-sizing problems with random lead times" ,*Operations Research Letters* ,36, 303–308.
- [55]-Guan Y., Liu T.(2010)."Stochastic lot-sizing problem with inventory-bounds and constant order-capacities", *European Journal of Operational Research*, 207, 1398–1409.

- [56]- Zhang M.(2011). "Two-stage minimax regret robust uncapacitated lot-sizing problems with demand uncertainty", *Operations Research Letters*,39 , 342–345.
- [57]- Al-E-Hashem, S. M. J. M., Aryanezhad, M. B., & Sadjadi, S. J. (2012). An efficient algorithm to solve a multi-objective robust aggregate production planning in an uncertain environment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 58, 765–782.
- [58]- Baltas, G., Tsafarakis, S., Saridakis, C., & Matsatsinis, N. (2013). Biologically inspired approaches to strategic service design: Optimal service diversification through evolutionary and swarm intelligence models. *Journal of Service Research*, 16,186–201.
- [59]- Korošec, P., Bole, U., & Papa, G. (2013). A multi-objective approach to the application of real-world production scheduling. *Expert Systems with Applications*, 40, 5839–5853.
- [60]- Ramezani, R., Rahmani, D., & Barzinpour, F. (2012). An aggregate production planning model for two phase production systems: Solving with genetic algorithm and tabu search. *Expert Systems with Applications*, 39, 1256–1263.
- [61]- Mirzapour Al-E-Hashem, S. M. J., Malekly, H., & Aryanezhad, M. B. (2011). A multiobjective robust optimization model for multi-product multi-site aggregate

production planning in a supply chain under uncertainty. International Journal of Production Economics, 134, 28–42.

[62]- Vargas V , Richard M (2011). A master production scheduling procedure for stochastic demand and rolling planning horizons. European Journal of Operational Research;132, 296–302

جدول توزیع نرمال استاندارد

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

جدول توزیع نرمال استاندارد

منابع پارس پرو هم

z = -0.81

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.6	0.00016	0.00015	0.00015	0.00014	0.00014	0.00013	0.00013	0.00012	0.00012	0.00011
-3.5	0.00023	0.00022	0.00022	0.00021	0.00020	0.00019	0.00019	0.00018	0.00017	0.00017
-3.4	0.00034	0.00032	0.00031	0.00030	0.00029	0.00028	0.00027	0.00026	0.00025	0.00024
-3.3	0.00048	0.00047	0.00045	0.00043	0.00042	0.00040	0.00039	0.00038	0.00036	0.00035
-3.2	0.00069	0.00066	0.00064	0.00062	0.00060	0.00058	0.00056	0.00054	0.00052	0.00050
-3.1	0.00097	0.00094	0.00090	0.00087	0.00084	0.00082	0.00079	0.00076	0.00074	0.00071
-3.0	0.00135	0.00131	0.00126	0.00122	0.00118	0.00114	0.00111	0.00107	0.00103	0.00100
-2.9	0.00187	0.00181	0.00175	0.00169	0.00164	0.00159	0.00154	0.00149	0.00144	0.00139
-2.8	0.00256	0.00248	0.00240	0.00233	0.00226	0.00219	0.00212	0.00205	0.00199	0.00193
-2.7	0.00347	0.00336	0.00326	0.00317	0.00307	0.00298	0.00289	0.00280	0.00272	0.00264
-2.6	0.00466	0.00453	0.00440	0.00427	0.00415	0.00402	0.00391	0.00379	0.00368	0.00357
-2.5	0.00621	0.00604	0.00587	0.00570	0.00554	0.00539	0.00523	0.00508	0.00494	0.00480
-2.4	0.00820	0.00798	0.00776	0.00755	0.00734	0.00714	0.00695	0.00676	0.00657	0.00639
-2.3	0.01072	0.01044	0.01017	0.00990	0.00964	0.00939	0.00914	0.00889	0.00866	0.00842
-2.2	0.01390	0.01355	0.01321	0.01287	0.01255	0.01222	0.01191	0.01160	0.01130	0.01101
-2.1	0.01786	0.01743	0.01700	0.01659	0.01618	0.01578	0.01539	0.01500	0.01463	0.01426
-2.0	0.02275	0.02222	0.02169	0.02118	0.02067	0.02018	0.01970	0.01923	0.01876	0.01831
-1.9	0.02872	0.02807	0.02743	0.02680	0.02619	0.02559	0.02500	0.02442	0.02385	0.02330
-1.8	0.03593	0.03515	0.03438	0.03362	0.03288	0.03216	0.03144	0.03074	0.03005	0.02938
-1.7	0.04456	0.04363	0.04272	0.04181	0.04093	0.04006	0.03920	0.03836	0.03754	0.03673
-1.6	0.05480	0.05370	0.05262	0.05155	0.05050	0.04947	0.04846	0.04746	0.04648	0.04551
-1.5	0.06681	0.06552	0.06425	0.06301	0.06178	0.06057	0.05938	0.05821	0.05705	0.05592
-1.4	0.08076	0.07927	0.07780	0.07636	0.07493	0.07353	0.07214	0.07078	0.06944	0.06811
-1.3	0.09680	0.09510	0.09342	0.09176	0.09012	0.08851	0.08691	0.08534	0.08379	0.08226
-1.2	0.11507	0.11314	0.11123	0.10935	0.10749	0.10565	0.10383	0.10204	0.10027	0.09852
-1.1	0.13566	0.13350	0.13136	0.12924	0.12714	0.12507	0.12302	0.12100	0.11900	0.11702
-1.0	0.15865	0.15625	0.15386	0.15150	0.14917	0.14686	0.14457	0.14231	0.14007	0.13786
-0.9	0.18406	0.18141	0.17878	0.17618	0.17361	0.17105	0.16853	0.16602	0.16354	0.16109
-0.8	0.21185	0.20897	0.20611	0.20327	0.20045	0.19766	0.19489	0.19215	0.18943	0.18673
-0.7	0.24196	0.23885	0.23576	0.23269	0.22965	0.22663	0.22363	0.22065	0.21769	0.21476
-0.6	0.27425	0.27093	0.26763	0.26434	0.26108	0.25784	0.25462	0.25143	0.24825	0.24509
-0.5	0.30853	0.30502	0.30153	0.29805	0.29460	0.29116	0.28774	0.28434	0.28095	0.27759
-0.4	0.34457	0.34090	0.33724	0.33359	0.32997	0.32635	0.32276	0.31917	0.31561	0.31206
-0.3	0.38209	0.37828	0.37448	0.37070	0.36692	0.36317	0.35942	0.35569	0.35197	0.34826
-0.2	0.42074	0.41683	0.41293	0.40904	0.40516	0.40129	0.39743	0.39358	0.38974	0.38590
-0.1	0.46017	0.45620	0.45224	0.44828	0.44433	0.44038	0.43644	0.43250	0.42857	0.42465
-0.0	0.50000	0.49601	0.49202	0.48803	0.48404	0.48006	0.47607	0.47209	0.46811	0.46414

Abstract

Production planning and determining the allocation of doing things in order to be optimally, it is clear that a production unit of minimizing costs and increasing productivity is important, therefore, in order to regulate the activities of the program costs and increase productivity requirements. consider making an application to the planning of the random variable close to reality. in the case of a random variable is a demand issue is very complex. this paper presents a model to determine capacitated lot sizing problem for medium-size optimum is possible total costs to be optimized. product over a finite horizon and within schedule is produced at the end of each period, the amount of which shall be produced and marketed to customers. due to real-world situations and the inability to accurately determine the level of demand, the demand in in each period, demand is likely to be examined independently of the other terms of a probability distribution to follow. determining optimal lot-size model for solving the limited capacity of the combination of the two algorithms pdla and solve shortest path is used to combine the results of the performance to solve clsp problem shows.

keywords: Production Planning, Stochastic Demand, Capacitated Lot Sizing Problem