

بخش اول: مدل های بنیادی

فصل اول: کلیات

هدف برنامه ریزی تولید ادغامی: استفاده مطلوب از منابع انسانی و تجهیزات است. کلمه ادغامی بدین معنی است که برنامه ریزی در یک سطحی ادغام گردد که تمام محصولاتی که از منابع و تجهیزات مشترک استفاده می کنند به طور یکجا در نظر گرفته شوند.

نکته: در برنامه ریزی تولید ادغامی، تمام محصولاتی که از منابع و تجهیزات **مشترک** استفاده می کنند، بطور **یکجا** در نظر گرفته می شوند.

از جمله دلایل عدم موفقیت مدل های کمی پیچیده برنامه ریزی تولید ادغامی:

- ۱- مدیران در نظر اول غالباً خود را درگیر با ارضاء تقاضاهای کوتاه مدت می بینند که عموماً دانسته شده است و یا با خطای بسیار کمی قابل پیش بینی است و علاقه مند به برنامه ریزی میان مدت نیستند.
- ۲- مدیران اعتقادی به پیش بینی تقاضا در میان مدت ندارند.
- ۳- مدیران معتقدند که مدل های کمی در مقابل عوامل انسانی ضعف دارند و روابط کارگری به قدری پیچیده و مرکب از پارامترهای کیفی بیشماری است که در غالب مدل های کمی نمی گنجد.
- ۴- به علت کمبود مفروضات و داده های مدل های کمی، تنظیم یک برنامه تولید ادغامی توسط مدل های پیچیده بسیار وقت گیر و پر خرج است.

مدیر تولید: به مدیر یا تصمیم گیرنده در سطح دپارتمان های تولیدی کارخانه مدیر تولید گفته می شود. تمام تصمیمات مربوط به برنامه تولید ادغامی که توسط این مدیر گرفته می شود باید با اطلاع و موافقت مدیرعامل که وظیفه نهایی تأسیس فعالیت های مختلف کارخانجات را تحت نظارت و هدایت خود به عهده دارد باشد.

نیروی انسانی، کارگر، تولید کننده و به طور کلی کارکنان: نیروی انسانی مستقیم یا غیر مستقیم مورد نیاز جهت تولید کالا و در رابطه با فعالیت های تولیدی است که واحد آن نفر- ساعت است. کل نیروی انسانی لازم جهت تولید هر واحد محصول به صورت مضربی از نیروی انسانی مستقیم و غیر مستقیم می باشد.

در حل مسائل برنامه ریزی تولید ادغامی، اقدامات مدیر جهت مقابله با نوسانات تقاضا شامل موارد زیر می باشد:

- ۱- تغییر سطح نیروی انسانی به جای تغییر موجودی
- ۲- متوسل شدن به قرارداد جنبی
- ۳- تغییر سطح رضایت مشتری
- ۴- اعمال نظر در قیمت و تقسیم بندی کالا و خدمات به منظور تغییر در روند تقاضا
- ۵- تغییر تکنولوژی در سطح محدود
- ۶- کاربرد مدل های کمی



مورد اول یعنی تغییر سطح نیروی انسانی به جای تغییر در موجودی، خود شامل سه استراتژی زیر می باشد.

الف- استراتژی ارضاء تقاضا

ب- تثبیت نیروی انسانی، تغییر اوقات کار

ج- استراتژی تثبیت سرعت تولید

الف- استراتژی ارضاء تقاضا:

مدیر، با استخدام و اخراج نیروی انسانی، سرعت تولید را جهت برآوردن تقاضا در هر دوره تنظیم می کند.

سعی بر داشتن حداقل سطح موجودی است.

برای کارخانجاتی که به کارگران فصلی دسترسی دارند، در زمان حداکثر تقاضا مناسب است.

اخراج کارگران باعث تضعیف روحیه کارگران باقیمانده می گردد.

موجب افزایش هزینه نیروی انسانی و کاهش بهره وری و افزایش هزینه استخدام و اخراج می شود.

ب- تثبیت نیروی انسانی، تغییر اوقات کار:

مدیر، سطح نیروی انسانی را ثابت نگهداشته و با کم کردن ساعات کار و یا از طریق اضافه کاری سرعت تولید را آن چنان تغییر می دهد که از عهده تقاضاها برآید.

در این روش اگر در زمان افزایش تقاضا، طول دوره اضافه کاری طولانی گردد بهره وری کاهش پیدا

نموده و در نتیجه برگشت بازده سرمایه تنزل خواهد نمود و چنانچه تقاضا کم شود و ناچار شود برای

جلوگیری از بیکاری کارگران طول هفته کاری آنها را کم کند این سیاست محدودیت زمانی دارد و برای

طویل مدت قابل اجرا نیست.

ج- استراتژی تثبیت سرعت تولید:

مدیر، سطح نیروی انسانی و سرعت تولید را ثابت نگه می دارد و موجودی را آزاد می گذارد که دارای نوسان باشد.

این روش خاص کارخانجاتی است که محصولات جا افتاده در جامعه دارند و مشتری های آن ها نیز

تقریباً شناخته شده اند و در نتیجه مخاطره کهنه شدن کالا و تغییر مدل آن ها در بازار بسیار کم است.

هزینه استخدام و اخراج و هزینه اضافه کاری جزء هزینه های تغییر سرعت تولید به شمار می رود.

دو فرمول مهم در رابطه با برگشت سرمایه:

فروشها

دارایی

سودفولتیت تولید

=

= گردش دارایی ها

برگشت به فروش



2- مورد دوم از اقدامات مدیر، متوسل شدن به قرارداد جنبی می باشد:

در این روش مدیر در دوره رونق بازار به منظور التیام دادن به تب حداکثر تقاضا به قرارداد جنبی متوسل شده و قسمتی از کالاهای نیمه ساخته را از کارخانجات دیگر و یا از بازار آزاد می خرد و از تغییر در سطح نیروی انسانی اجتناب می ورزد.

موارد زیر از جمله دلایل عدم تمایل مدیران به استفاده از قراردادهای جنبی می باشد:

- هزینه های مازاد قراردادهای جنبی
- از آنجا که تهیه اقلام تهیه شده از طریق قرارداد جمعی گرانتر از ساخت همان اقلام در کارخانه مورد نظر است، لذا سود کمتری نصیب این کارخانه خواهد شد مگر اینکه از فرصت رونق بازار استفاده کرده و بر قیمت کالای خود بیفزاید.
- در این روش مدیران غالباً کنترل کمتری بر کیفیت کالاهای تهیه شده و زمان تحویل آن دارند به همین خاطر سعی می کنند جهت بستن قرارداد آن هایی را انتخاب کنند که مورد اعتمادشان باشند و از قبل نشان داده باشند که کارشان دقیق و درست است.

3- تغییر سطح رضایت مشتری:

عبارت جلب رضایت مشتری هم به امکانات فعلی کارخانه در رابطه با اجراء تعهدات خود و هم به برآورده نمودن تقاضای مشتریان در آینده ارتباط پیدا می کند.

4- اعمال نظر در قیمت و تقسیم بندی کالا و خدمات به منظور تغییر در روند تقاضا:

- شرکت هایی مثل مخابرات که نرخ های متفاوتی را برای روز و شب در نظر می گیرند از این استراتژی استفاده می کنند. آنها میزان تقاضا را با این قیمت گذاری تنظیم می کنند.
- محدودیت این روش این است که در صنعت، روند تقاضا معمولاً به راحتی قابل پیش بینی نیست و تصمیم گیران در سطح کارخانه نیز دارای قدرت تعیین قیمت نیستند و دیگر اینکه هر چند که افزایش قیمت کالا باعث کم شدن سفارشات عقب افتاده و کاهش در قیمت کالا نیز سبب حراج موجودی اضافی کارخانه می شود، ولی استفاده از این استراتژی در صنعت کمتر اتفاق می افتد.

5- تغییر تکنولوژی در سطح محدود:

مدیر جهت جلب رضایت مشتریان آتی به فکر خرید تجهیزات تولیدی پیشرفته تری می افتد که بدون نیاز به تغییرات شدید در نیروی انسانی تغییرات زیادی را در تولید باعث گردد. در اینصورت کارخانه هیچوقت فرسوده و قدیمی باقی نبوده بلکه به صورت گام به گام، مدرن و پیشرفته خواهد شد.

هزینه های مربوط به تولید که قبل از اینکه یک برنامه تولید ادغامی ریخته شود باید محاسبه گردند:

- ✓ هزینه نگهداری کالا از یک دوره به دوره دیگر
- ✓ هزینه تغییر سرعت تولید که شامل هزینه های استخدام، اخراج نیروی انسانی و همچنین هزینه های اضافه کاری می شود.
- ✓ هزینه های قرارداد جمعی در صورت وجود.

هزینه نگهداری:

- سهم عمده این هزینه مربوط به سرمایه راکدی است که معادل قیمت این موجودی است. باید یک نرخ برگشت برای این سرمایه در نظر گرفته شود که اگر پول آن صرف کار تولیدی دیگری می شد وجه برگشتی داشت.
- سهم دیگر هزینه نگهداری مربوط به هزینه تملک است. این هزینه شامل مالیات، بیمه، کهنه و از مدل افتادن، فاسد شدن، دستبردهای جزئی، ثبت اسناد و مدارک و نیز هزینه های نیروی انسانی آن است.
- نوع دیگری از این هزینه مربوط به هزینه امکانات و تجهیزات نگهداری از کالا است.

هزینه های استخدام یک کارگر جدید شامل موارد زیر می باشد:

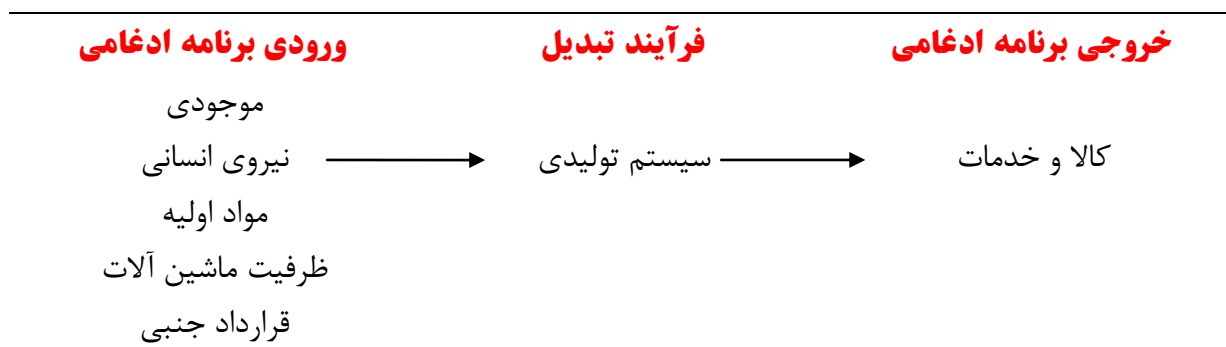
- هزینه معاینات پزشکی، عکسبرداری و آزمایشگاه
- هزینه های آشنایی با محیط کار (معادل نصف روز)
- هزینه های تهیه وسائل ایمنی کارگر جدید
- هزینه غیر بهره ور بودن دوره آموزش (۲ تا ۴ روز)
- هزینه غیر بهره ور بودن تعلیم دهندگان
- هزینه انجام امور اداری

مشکل ترین مسئله برنامه ریزی تولید ادغامی تشکیل چارچوب تحلیلی آلترناتیوهای برنامه ادغامی است.

برازندگی برنامه تولید و موجودی می تواند از نقطه نظرهای زیر مورد نظر باشد:

- الف) قدرت تدارک کالا و خدمات خواسته شده
- ب) حد بیشینه کردن سود یا کمینه کردن هزینه ها و در نتیجه اثرات آن ها بر روی ترازنامه.

نمایش یک سیستم تولید ادغامی:



بخش اول: مدل های بنیادی
فصل دوم: کاربرد مدل های مکاشفه ای

انواع خطوط تولید، تعاریف، ویژگی ها و مثال های آن ها:

1 - فرآیند تولید پیوسته:

- نمونه آن در صنایعی است که محصول را به طور پیوسته تولید می کنند.
- ماشین ها طوری طراحی شده اند که فقط یک یا تعداد خیلی محصول مشابه تولید می کنند و تغییر خط تولید بسیار گران بوده و به ندرت صورت می گیرد.
- کاغذ سازی، سیمان، ورقه های فولادی و آلومینیومی و صنایع شیمیایی.

2 - تولید انبوه قطعات منفک:

- تولید عظیمی که در طول یک دوره طولانی انجام می پذیرد.
- یک سری از ماشین ابزارهای مخصوص به نام خطوط انتقال، به تولید انبوه اختصاص داده شده اند که قابلیت انعطاف بسیار کمی دارند.
- اتومبیل سازی و یخچال سازی

3 - تولید دسته ای:

- ادوات تولید غالباً برای تولید محصولات مختلف ساخته شده اند ولی ماشین باید برای تولید هر محصول جدید تنظیم و آماده گردد.
- هزینه تغییر ماشین و آماده سازی آن در مقابل هزینه نگهداری، قابل ملاحظه است.

4 - تولید کارگاهی:

- یک کارگاه تولیدی دارای ماشین ابزارهای متعددی است که در آن محصولات متنوعی (اغلب صدها و حتی هزارها) به طرق مختلف جهت کار بر روی یک ماشین و یا بیشتر به توالی در آمده اند.
- تعداد محصولات معمولاً کم هستند.
- کارگاه ماشین ابزار و نمونه کارهایی که به عنوان الگو ساخته می شوند خود نمونه ای از محصولات متعددی است که به صورت کارگاهی تولید می گردند.

دوره برنامه ریزی تولید: بخشی از زمان است که سازمان می خواهد برنامه تولیدی، شامل آن شود. این مدت ممکن است یک ماه، یک هفته یا هر بخشی از زمان باشد.

افق برنامه ریزی تولید: تعداد دوره های آینده که باید در برنامه ریزی مورد توجه قرار گیرند.

واحد محصول ادغامی: به واحد تولیدی که توسط برنامه، در دوره برنامه ریزی آینده مورد نظر است اطلاق می گردد. این واحد ممکن است لیتر، مربع، تن و یا تعداد محصول باشد.

تجهیزات تولید ادغامی: تجهیزاتی که تحت پوشش یک برنامه تولید ادغامی قرار می گیرند.

برنامه ادغامی: برنامه تعیین کننده سطح نیروی انسانی و سطح تولید در تجهیزات تولیدی ادغام شده است. این برنامه معمولاً در طول دوره های آینده به طور دوره ای مشخص می شود. **هدف** این برنامه حداقل کردن کل هزینه تأمین تقاضای کالا و خدمات است. این برنامه اقلام هزینه مختلفی را در نظر می گیرد.

تجزیه: فعالیت تبدیل سطح تولید طرح ریزی شده به اجزاء متشکله آن است.

برنامه زمان بندی اصلی: برنامه حاصل از تجزیه برنامه تولید ادغامی است. این برنامه لیست مدل ها و تعداد آن ها را که باید در دوره بعد تولید شود، معلوم می سازد.

هزینه نیروی انسانی: هزینه متوسط استخدام یک کارگر تولیدی یک دوره در وقت عادی است. این هزینه باید شامل تمام مزدها، سودها و سایر اقلامی باشد که مستقیماً با تعداد کارگران تولیدی تغییر می کند. **کارگران تولیدی** آن دسته از افرادی هستند که استخدام آن ها با سطح تولید نرمال، بالا و پایین آن تغییر می کند. بنابر این افراد پشتیبانی تولید مثل الکتریسین که مشخصاً با سطح تولید تغییر نمی کنند نباید در هزینه نیروی انسانی به حساب آیند.

هزینه تولید: اجزاء غیر از نیروی کاری وابسته به هر واحد محصول ادغامی است. این هزینه شامل هزینه مواد اولیه، انبارداری محصول نیمه ساخته، فاسد شدن و از دست رفتن می شود. این هزینه ارزش انتظاری تغییر در هزینه کل است.

هزینه نگهداری: از دست دادن فرصت استفاده از قیمت کالای انبار شده بعلاوه هزینه فضایی که کالای ساخته شده در آن انبار می شود. گاهی اوقات هزینه بیمه و از مد افتادن را هم در این هزینه به حساب می آورند.

هزینه استخدام: هزینه انتظاری افزایش سطح نیروی انسانی به تعداد یک نفر است. این هزینه شامل امور اداری، آموزش و عدم کارایی در روزهای اولیه بعد از آموزش می شود.

هزینه اخراج: هزینه انتظاری کاهش سطح نیروی انسانی به تعداد یک نفر است. این هزینه شامل امور اداری، هزینه بازخرید، اثر بد روی روحیه سایر کارگران.

هزینه کسری: زیان انتظاری حاصل از عدم تأمین تقاضا است.

هزینه اضافه کاری: هزینه تولید یک واحد محصول در وقت اضافی است.

هزینه کم کاری: هزینه مربوط به پرداخت نیروی انسانی و تجهیزات در زمان کارکرد سیستم تولیدی زیر ۱۰۰ درصد ظرفیت کارکنان (راندمان کمتر از ظرفیت) آن است.

هزینه قرارداد جنبی: هزینه تهیه هر واحد محصول است، اگر تولید آن در خارج از کارخانه صورت پذیرد. این هزینه باید شامل هزینه اختلاف در کیفیت محصول و اعتماد به آن و همچنین به انجام رسانیدن و کنترل قرارداد جنبی هم بشود.

روش تثبیت سرعت تولید:

در این روش به منظور بدست آوردن سطح نیروی انسانی مورد نیاز هر یک از دوره های باقیمانده که کل تقاضا در سال را تولید نماید، **کل نفر - ساعت** مورد نیاز را بر حاصلضرب کل تعداد روزهای کاری در تعداد ساعت کار هر کارگر در روز تقسیم می کنیم.

روش برآورده نمودن تقاضا:

در این روش سطح نیروی انسانی را طوری تنظیم می کنند که **سطح موجودی** انباشته شده، **حداقل** باشد.

با مقایسه کل هزینه در روشهای مختلف در خواهیم یافت که کل هزینه در روش **تثبیت سرعت تولید** به مراتب **کمتر** از کل هزینه در روشهای دیگر است.

روش ترسیمی: اگر تعداد دوره های برنامه ریزی کم باشد، این روش در مورد تعیین روند تغییر هزینه بسیار آموزنده است چون نتایج به راحتی قابل ملاحظه است و در نتیجه ایده بسیار خوبی برای استفاده از روش سعی و خطا خواهد بود.

➤ اگر منحنی تولید تجمعی در بالای منحنی تقاضای تجمعی قرار گیرد باعث پرداخت هزینه نگهداری و هر گاه منحنی تولید تجمعی در زیر منحنی تقاضای تجمعی قرار گیرد باعث پرداخت جریمه کسری کالا می گردد. کوشش در کم کردن سطح واقع شده بین دو منحنی تقاضای تجمعی و برنامه تولیدی تجمعی منجر به روش سعی و خطا خواهد شد.

روش میانگین متحرک: در این روش میانگین تقاضای چند دوره آینده را که تعداد آن هم در اختیار خودمان است، محاسبه نموده و آن را بعنوان برنامه تولیدی دوره آینده انتخاب می کند و این عمل را برای دوره های بعد ادامه می دهد ولی تعداد دوره های آینده مورد نظر را عوض نمی کند.

روش آزمون و خطا: با مقایسه کل هزینه در روش های تثبیت سرعت تولید، ارضاء تقاضا، روش ترسیمی و میانگین متحرک فوراً در خواهیم یافت که کل هزینه در روش تثبیت سرعت تولید به مراتب کمتر از کل هزینه در روش های دیگر است. روش آزمون و خطا از روش ترسیمی آن چنان استفاده می کند که سطح بین دو منحنی تقاضای تجمعی و برنامه پیشنهادی را تا حد قابل قبول کوچک کند.

روش تعدیل سطح نیروی انسانی: این روش متدولوژی جدیدی را جهت ارزیابی سطح نیروی انسانی در طول دوره برنامه ریزی میان مدت به طور سیستماتیک آن چنان ارائه می دهد که مدیر تولید به کمک آن می تواند به یک سطح نیروی انسانی معقولی بدون توسل به محاسبات کمی پیچیده دست یابد.

دو فرمول مهم در رابطه با نسبت نیروی انسانی در دوره های زمانی کوتاه مدت و بلند مدت:

CPR برای کوتاه مدت و PPR برای بلند مدت در نظر گرفته می شود. دانستن لاتین آنها به خاطر سپردنشان را آسان می کند.

CPR = Current Period Ratio محک کوتاه مدت

نسبت دوره جاری

PPR = Planning Period Ratio محک بلند مدت

نسبت دوره برنامه ریزی

موجودیمغذافی - سطح نیروی انسانی مورد نیاز در دوره جاری **CPR =**

ظرفیت نیروی انسانی فعلی در اوقات



- وقتی که CPR در عبارت بالا تقریباً برابر یک شود یعنی صورت و مخرج این کسر مساوی بوده اند معنی آن این است که سطح نیروی انسانی فعلی جوابگوی تقاضا در دوره جاری است. به عبارت بهتر مدیر در کوتاه مدت احتیاجی به تغییر سطح نیروی انسانی برای $1 \approx CPR$ ندارد.

میانگین معمولی نیروی انسانی مورد نیاز در افق برنامه ریزی بعد از دوره جاری **PPR=** **میانگین ظرفیت اوقات**

- وقتی $1 \approx PPR$ باشد مبین وضعیت تعادل سیستم از نظر نیروی انسانی در مابقی دوره برنامه ریزی است. به عبارت بهتر انتظار خواهد رفت که میانگین ظرفیت تولید در اوقات معمولی جوابگوی نیاز تولید در آینده باشد. اگر PPR به مقدار قابل توجهی از یک دور باشد ($PPR < 1$) به معنی این است که مخرج کسر بزرگتر از صورت آن بوده است یعنی نیروی انسانی فعلی بیشتر از مورد نیاز است در نتیجه باید مدیر به کم کردن نیروی انسانی اقدام کند و وقتی PPR بزرگتر از یک باشد ($PPR > 1$) به معنی این است که صورت کسر بزرگتر از مخرج آن بوده و میزان نیروی انسانی مورد نیاز بیشتر از نیروی انسانی فعلی است از اینرو نیاز به افزایش نیروی انسانی در دوره فعلی خواهد بود.

مدیران CPR و PPR را توأماً به عنوان ابزارهای تصمیم گیری در **تعدیل نیروی انسانی** به کار می گیرند.

9 ترکیب از دامنه تغییرات CPR و PPR و تصمیم گیری مدیران وجود دارد:

وضعیت 1: زیاد بودن نیروی انسانی در کوتاه مدت و طویل مدت ($PPR < 1$, $CPR < 1$)

در این حالت نیروی انسانی فعلی از مورد نیاز بیشتر بوده (هم در کوتاه مدت و هم در بلند مدت) یعنی مخرج کسر از صورت بزرگتر و PPR , CPR کوچکتر از ۱ هستند.

اقدامات:

- ✓ قرارداد جنبی با کارخانه های دیگر برای به کارگیری توان مازاد کارخانه
- ✓ کم کردن ساعات کار در هفته مثل تعطیل ۵ شنبه، البته ترس کارگران از اخراج آتی باعث نقصان بهره وری می شود پس، از این سیاست استفاده نکنید.
- ✓ اخراج کارگران با در نظر داشتن اینکه کارگران باقیمانده قادر به برآورده نمودن بیشترین تقاضا در دوره جاری و یا در افق برنامه ریزی باشند.
- توصیه:** سطح تولید روزانه فعلی را به حاصلضرب سطح تولید روزانه ماه قبل در ماکزیمم CPR و PPR برسانید

وضعیت 2: متعادل بودن نیروی انسانی در کوتاه مدت و مازاد بودن آن در طویل مدت

($PPR < 1$, $CPR \approx 1$)

در چنین موقعیتی یک مدیر سیاستمدار آن چنان رفتار می کند که برنامه آینده، برنامه متعادل فعلی را تحت الشعاع قرار ندهد. در نتیجه ترس اخراج در آینده از بازدهی فعلی نکاهد.

اقدامات:

- ✓ پذیرفتن کارهایی به صورت قرارداد جنبی که انجام آن ها به زودی میسر باشد
 - ✓ اخراج کارگران تحت آموزش و آن هایی که هنوز مشمول قانون باز خرید وزارت کار نشده اند. سطح اخراج منطقی بوده و شاید تا حد متوسط سطح نیروی انسانی مورد نیاز جهت برآورده نمودن تقاضای فعلی و تقاضای پیش بینی شده در آینده، به طوری که تقاضای فعلی کماکان برآورده شود.
- توصیه:** در سطح تولید ماه قبلی تولید کنید

وضعیت 3: کمبود نیروی انسانی در حالت فعلی و مازاد بودن آن در طول مدت:

($PPR < 1$, $CPR > 1$)

اقدامات: انتخاب یکی از گزینه های زیر

- ✓ از طریق اضافه کاری و قرارداد جنبی مشکل موقتی کمبود نیروی انسانی را رفع کند و در طول مدت به اخراج بپردازد.
- ✓ با سیاست کاهش جلب رضایت مشتری، برطرف نمودن تقاضای فعلی را کمی به تعویق بیندازد و در دوره آینده جبران کند. ولی بر اثر این عمل تعدیلی در سطح نیروی انسانی به وجود آورد و آن را پایدار نگهدارد.

توصیه: به مقدار حاصلضرب سطح تولید در ماه قبلی در CPR با اضافه کاری سه روز در ماه، استخدام و قرارداد جنبی تولید کنید.

وضعیت 4: متعادل بودن نیروی انسانی در طول مدت و مازاد بودن آن در کوتاه مدت:

($CPR < 1$, $PPR \approx 1$)

اقدامات:

- ✓ اضافی تولید کند
 - ✓ اخراج کند
 - ✓ زمان کاری را در هفته کم کند
- نکته:** غالباً هزینه نگهداری از هزینه کسری کمتر است.
- توصیه:** تغییر ندهید و موجودی انباشته کنید.

وضعیت 5: حالت ایده آل ($PPR \approx 1$, $CPR \approx 1$)

در این حالت چون سطح نیروی انسانی در کوتاه مدت و نیز در بلند مدت در حالت تعادل است لذا احتیاجی به هیچ گونه تغییر نخواهد بود.

توصیه: تغییر ندهید

وضعیت 6: متعادل بودن سطح نیروی انسانی در طول مدت و کمبود آن در کوتاه مدت:



اقدامات: از آنجایی که این کمبود موقتی است لذا استخدام نیروی جدید به هیچ وجه صلاح نبوده. اقدامات زیر موثر می باشد:

- ✓ اضافه کاری
- ✓ قرارداد جانبی
- ✓ شیفت اضافی
- ✓ تعویق تحویل قسمتی از تقاضا به دوره بعدی

توصیه: به مقدار حاصلضرب سطح تولید در ماه قبلی در CPR با اضافه کاری سه روز در ماه، استخدام و قرارداد جنبی تولید کنید.

وضعیت 7: مازاد نیروی انسانی در کوتاه مدت و کمبود آن در طول مدت:

هزینه بالای استخدام و اخراج مدیر را بر آن خواهد داشت که از سیاست " ببینیم چه می شود " پیروی نموده و یک دوره هم صبر کند و اقدامی نکند.

توصیه: تغییری ندهید و موجودی انباشته کنید

وضعیت 8: تعادل نیروی انسانی در کوتاه مدت و کمبود آن در طول مدت:

(PPR > 1, CPR ≈ 1)

✓ بین سیاست " ببینیم چه می شود " و " استخدام کنیم " متوسط بگیریم و نصف کارگران مورد نیاز آتی را استخدام کنیم.

توصیه: تغییر ندهید

وضعیت 9: کمبود نیروی انسانی در کوتاه مدت و بلند مدت: (PPR > 1, CPR > 1)

- ✓ استفاده از قرارداد جنبی
- ✓ استخدام نیروی جدید

توصیه: توسط اضافه کاری سه روز در ماه، استخدام و قرارداد جنبی سطح تولید را به $\frac{CPR+PPR}{2}$ برسانید (در صورتی که تقاضای همان ماه با استخدام برطرف شود از اضافه کاری استفاده نمی کنیم. همین طور اگر استخدام و اضافه کاری کافی باشد از قرارداد جنبی استفاده نمی کنیم).

« این مثال و روابط ذکر شده در آن را به خاطر بسپارید: صفحه 37 کتاب »

در یک کارخانه تولید کننده تلویزیون رنگی، هر واحد تلویزیون که به عنوان یک واحد محصول ادغامی در نظر گرفته می شود احتیاج به ۵ نفر- ساعت کار نیروی انسانی دارد و ساعت کاری هر کارگر در هر دوره که از شنبه تا چهارشنبه هر هفته است ۴۰ ساعت می باشد. هر کارگر می تواند در روزهای پنج شنبه و جمعه به مدت ۱۶ ساعت اضافه کاری کند. با توجه به اطلاعات داده شده و با در نظر گرفتن P_t بعنوان حداکثر ظرفیت تولید در اوقات معمولی و اضافه کاری بر حسب تعداد واحد محصول و W_t به عنوان تعداد کارگر در هر دوره برنامه ریزی، $P_{R,t}$ به عنوان برنامه تولید اوقات معمولی و $P_{O,t}$ بعنوان برنامه تولید اوقات اضافه کاری، روابط زیر حاکم است:

(1) $P_t \leq 11/2 w_t$
 اما $11/2$ از کجا آمده است؟ در مثال آورده شده است که هر کارگر ۴۰ ساعت در وقت معمولی و ۱۶ ساعت در اضافه کاری کار می کند یعنی در مجموع حداکثر $40 + 16 = 56$ ساعت کار می کند. از طرفی گفته شده است که برای تولید هر واحد تلویزیون احتیاج به ۵ نفر-ساعت است در نتیجه با ۵۶ ساعت کار، $56 \div 5 = 11/2$ واحد از محصول تولید می شود.

$$(2) \quad P_{R,t} = \begin{cases} \lambda W_t & \lambda W_t \leq P_t \\ P_t & \text{در سایر موارد} \end{cases}$$

رابطه بالا را می توان به صورت زیر نیز تشریح کرد: اگر $\lambda W_t \leq P_t$ آنگاه $P_{R,t} = \lambda W_t$ در غیر اینصورت $P_{R,t} = P_t$
 اما معنی این رابطه چیست؟ P_t میزان تولید ما است که شامل تولید در وقت معمول و وقت اضافه می شود یعنی $P_{O,t} + P_{R,t}$. وقتی تنها ۸ ساعت در روز در نظر گرفته شود یعنی تنها وقت معمولی را شامل شده است پس از حداکثر میزان تولید کمتر است به خاطر همین کوچکتر مساوی استفاده شده است اما در سایر موارد یعنی وقتی ما وقت اضافه را نیز در نظر بگیریم میزان تولید با حداکثر تولید مساوی خواهد شد.

$$(3) \quad P_{O,t} = \begin{cases} P_t - P_{R,t} & P_t - P_{R,t} \geq 0 \\ 0 & \text{در سایر موارد} \end{cases}$$

رابطه بالا را می توان اینگونه تشریح کرد: چنانچه $P_t - P_{R,t} \geq 0$ باشد $P_{O,t} = P_t - P_{R,t}$ در غیر اینصورت $P_{O,t} = 0$ خواهد بود.
 اما معنی عبارات بالا چیست؟ وقتی تفاضل P_t و $P_{R,t}$ بزرگتر از صفر است یعنی اینکه $P_{O,t}$ حضور داشته است. که با توجه به عبارت $P_t = P_{R,t} + P_{O,t}$ در نتیجه $P_{O,t} = P_t - P_{R,t}$ و در غیر اینصورت وقتی است که تولید در وقت اضافی وجود ندارد یعنی $P_{O,t} = 0$

روش تجربی: در این روش مدیر با توسل به تجربیات تصمیم گیری گذشته مدل مورد نظر را خود به خود به وجود می آورد. این روش اولین بار توسط Bowman مطرح شد. فرض این مدل بر آن است که یک مدیر با تجربه دقیقاً به عواملی که در برنامه ریزی تولید ادغامی مطرح هستند، عکس العمل نشان می دهد.
 در روش تجربی مدل های ابتکاری که مبتنی بر بکارگیری اطلاعات گذشته و داده های آماری می باشند، طرحریزی شده و پارامترها و ضرایب همبستگی آنها به دست می آید. مدلهایی که از ضریب همبستگی **بزرگتر** استفاده می کنند دارای اعتبار **بیشتری** هستند، مدیر و مدل با هم توافق بسیاری دارند و عوامل موثر در مدل دیده شده و مدیر می تواند بسیاری از نتایج را از قبل پیش بینی کند.

تابع ارائه شده توسط باومن را بدانید:

$$W_t = a_0 + a_1 W_{t-1} + a_2 [I^* - I_{t-1}] + a_3 F_t$$

W_t : سطح نیروی انسانی در دوره t

$D_t = F_t$: تقاضای پیش بینی شده در دوره t

I^* : سطح موجودی مورد نظر

I_{t-1} : موجودی واقعی در پایان دوره t

a_0 : این پارامتر توسط مدل برگشت به عنوان نقطه آغازی تعیین می شود.

a_1 : نشانه ضریب تأثیر پذیری سطح نیروی انسانی دوره فعلی از دوره گذشته است.

a_2 : مبین سهم تغییر سطح موجودی از سطح مورد نظر تصمیم گیری است.

a_3 : شاخص سهم تقاضا در تعیین نیروی انسانی است.

روش برنامه ریزی پارامتری:

یک روش مکاشفه ای (ابتکاری) است که در آن هیچ گونه محدودیتی بر روی تابع هزینه قائل نیست. این مدل از روش تجسس به کمک کامپیوتر استفاده می کند و در نتیجه ممکن است حل بهینه را به دست نیاورد. ایده اصلی این روش بر آن است که مقادیر مختلفی را به پارامترها نسبت دهد و هر بار یک تصمیمی را بدست آورد.

فصل سوم: کاربرد برنامه ریزی خطی

مدل برنامه ریزی خطی: از بین مدل های بهینه سازی، مدل برنامه ریزی خطی از جمله مدل هایی است که بیشترین کاربرد را در برنامه ریزی تولید ادغامی علی الخصوص در خطوط تولید ادغامی بویژه در خطوط تولید پیوسته و خطوط تولید انبوه نشان داده است.

دو وضعی که برای مدل های برنامه ریزی خطی می توان بیان کرد:

۱ - تقاضاها باید مفروض و داده شده تلقی گردد.

۲ - هزینه ها خطی باشند.

مسئله تولید ترکیبی: وقتی که کارخانجات از بین محصولات که قادرند تولید کنند، نمی دانند کدام محصول را برگزینند. **هدف** عبارت از تخصیص منابع محدود است به طوری که عایدی خالص بیشینه باشد.

مشخصات مسئله تولید ترکیبی:

۱ - ماکزیمم نمودن مشارکت محصول در سود خالص و هزینه ثابت کارخانه

۲ - محدودیت های حاصل از منابع نادر

۳ - محدودیت های حد دار بر روی محصولات مورد برنامه ریزی

مسئله انتخاب روش تولید: در این نوع مسائل یک تقاضای معینی برای هر نوع محصول وجود دارد. هر محصول ممکن است به روش های مختلف تولید گردد. هزینه هر واحد و همچنین میزان منابع مصرفی بستگی به روش انتخابی تولید دارد. هر منبع تولید در دوره برنامه ریزی دارای مقدار محدودیست. مسئله عبارت از آن

است که از هر روش چند محصول تولید گردد تا اینکه هزینه تولید مینیمم گردد، به طوری که محدودیت های مربوط به منابع نادر و نیز تقاضاهای مربوط به هر محصول ارضاء گردد. چون که میزان تقاضاهای هر محصول داده شده است در نتیجه عایدی مورد نظر نبوده بلکه کم کردن هزینه هدف اصلی خواهد بود.

مسئله امتزاج: این نوع مسائل موقعی مطرح می شوند که یک محصول با مشخصات معینی مورد نظر باشد و این محصول می تواند از ممزوج کردن چندین مواد خام به دست آید.

هدف: در اینگونه مسائل هدف به دست آوردن آن ترکیبی است که قیمت کل مواد خام مصرفی آن حداقل باشد یا به عبارت بهتر باید معلوم سازیم که از هر ماده خام چه مقدار مصرف نماییم تا با وجود به دست آوردن مشخصات مورد نظر هزینه کل مواد مصرف شده مینیمم باشد.

کاربرد: غالباً در اختلاط نفت خام، صنعت نفت، اختلاط مواد خام معدنی در تولید آلیاژ، در صنعت نساجی برای بدست آوردن پنبه و پشم، در صنایع غذایی و بالاخره در تولید کود شیمیایی موارد استفاده دارد.

مسئله امتزاج به صورت یک مدل برنامه ریزی خطی به صورت زیر فرموله می شود:

$$\text{Min} Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

به طوری که:

$$= \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \left\{ \begin{array}{l} \geq \\ \leq \end{array} \right\} b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = 1$$

X_j = مقداری که از ماده خام نوع j در هر واحد از محصول مصرف می گردد.

C_j = هزینه هر واحد از ماده خام نوع j

a_{ij} = سهم هر واحد از ماده خام j در مقدار مشخصه i ام محصول

b_i = مشخصه i ام محصول

Z = هزینه کل تمام مواد خام مصرفی

چنانچه d_j درصد خلوص آن ماده باشد رابطه زیر برقرار است:

$$\sum_{j=1}^n d_j x_j = 1$$

مسئله تولید چند مرحله ای: بسیاری از اوقات ممکن است تصمیم بر آن باشد که امکانات تولید سیستم را به

طور جداگانه مورد بررسی قرار دهند. این وضعیت موقعی واقعیت پیدا می کند که هر یک از امکانات تولید

سیستم نتوانند به طور جداگانه زمان بندی گردند.

- نمایش ترسیمی مراحل تولید منجر به مدل بندی سیستم و همچنین استفاده از مدل برنامه ریزی پویا خواهد

شد. تمام این مدل ها در یک مشخصه به نام "**معادلات تعادل مواد**" مشترک هستند.

این معادلات دارای شکل عمومی زیر هستند:

$$I_j = I_j^0 + X_j - \sum_{k \neq j} w_k^j(x_k)$$

که در آن:

I_j^0 سطح موجودی آغازی در مرحله j

X_j تولید (ورودی) در مرحله j

$W_k^j(X_k)$ مقداری که برای تولید X_k واحد در مرحله k کنار گذاشته می شود

I_j سطح موجودی در مرحله j ام است.

رمز مدل بندی یک سیستم چند مرحله ای: عبارتست از تصمیم گیری در دسته بندی عملیات تولید به

عنوان یک مرحله، صرف نظر از اینکه هر مسئله شامل چند امکان عملیاتی بصورت موازی باشد و یا نباشد.

بعلاوه چندین مکان انبارداری نیز ممکن است بین مراحل تعریف شده باشد.

امکان تولید: یک سیستم جزئی است که خود به تنهایی می تواند به عنوان یک سیستم مجزا بطور کامل زمان

بندی شود. یک امکان تولید می تواند یک ماشین، یک دپارتمان، یک خط تولید، یک طرح کامل یا یک

مجموعه ای از طرح ها باشد که بستگی به طبیعت مسئله مورد مطالعه دارد.

نکته: در رسم نمودارهای فرآیند تولید یک محصول، نماد ∇ منظور انبار و نماد \bigcirc به منظور امکان تولید استفاده می شود.

نکته: در مدل عمومی برنامه ریزی خطی برای تعیین برنامه ادغامی، رابطه تعادل موجودی به ازای هر دوره t به صورت زیر نشان داده می شود:

$$I_t - S_t = I_{t-1} - S_{t-1} + P_t - F_t$$

I_t = موجودی انبار در پایان دوره t

S_t = میزان کسری در پایان دوره t

P_t = سرعت تولید در زمان t

F_t = تقاضای پیش بینی شده برای دوره t

مقایسه روش برنامه ریزی خطی و روش تجربی:

روش برنامه ریزی خطی از بسیاری از محدودیت های روش تجربی مبری است. در برنامه ریزی خطی از عدم

سازگاری روش مدیریت خبری نیست. مدل آن با تغییر هزینه قابل تغییر است. اگر نیروی انسانی کمیاب شود،

مدل با افزایش هزینه استخدام از تغییر در سطح نیروی انسانی اجتناب خواهد کرد. یا اینکه اگر عوامل دیگر

تغییر یابند، مدل با تغییر هزینه های دیگر قابل تنظیم است.



فصل چهارم : کاربرد مدل های حمل و نقل

دلایل بکارگیری مدل های حمل و نقل در حل مسایل برنامه ریزی تولید:

- ۱- زمانی که تابع هزینه غیر خطی باشد (قبلا گفته شده که یکی از ضعف های مدل برنامه ریزی خطی این است که تابع هزینه باید خطی باشد)
- ۲- زمانیکه هزینه های آماده سازی قابل توجه باشد.
- ۳- زمانیکه حل مسأله با استفاده از مدل عمومی برنامه ریزی خطی به صرفه نباشد.

مدل راه حل دینامیکی بدون محدودیت در ظرفیت تولید:

$$K(X_t, I_t) = \begin{cases} h_t i_t & \text{اگر } X_t = 0 \text{ باشد} \\ A_t + C_t X_t + h_t i_t & \text{اگر } X_t > 0 \text{ باشد} \end{cases}$$

$K(X_t, I_t)$ = هزینه تولید X_t واحد محصول در دوره t و نگهداری I_t واحد محصول در پایان دوره t

h_t = هزینه نگهداری یک واحد محصول در دوره t

X_t = مقدار تولید در دوره t

C_t = هزینه متغیر تولید هر واحد محصول

A_t = هزینه ثابت راه اندازی در دوره t است.

$\&_{ijk}$ بصورت هزینه متغیر تولید یک واحد محصول از منبع i در دوره j که برای مصرف تا دوره k نگهداری می گردد تعریف می شود و مقدار آن به صورت فرمول زیر ارائه می شود:

$$\&_{ijk} = C_{ij} + h_j + h_{j+1} + \dots + h_{k-1}$$

بخش دوم: مدل های تولیدی پیشرفته

فصل ششم: مدل های تولیدی

مسئولیت مدیریت تولید: برقراری اولویت ها، اهداف و نظارت بر اجرای کار است.

تولید را می توان بصورت تولید **بخش های مجزا** و یا **فرآوری پیوسته** طبقه بندی نمود.

تولید بخش های مجزا: با قطعات مجزایی مانند مدارهای چاپی و یا قطعات موتور که به وضوح قابل تشخیص هستند، شناخته می شود.

صنایع فرآوری: بر اساس محصولی کار می کنند که بطور مستمر در حال جریان است. مثل پالایشگاه نفت و صنایع شیمیایی.

یک سیستم تولیدی را می توان به 5 عملکرد مرتبط تقسیم نمود:

✓ طراحی محصول



- ✓ طراحی فرآیند
- ✓ عملیات تولیدی
- ✓ چیدمان جریان مواد و تجهیزات
- ✓ برنامه ریزی و کنترل تولید

وظیفه طراحی محصول: اخذ ورودی ها از بازاریابی با توجه به خواسته های مشتریان و تهیه و تدوین شرحی از محصول است که بتوان آن را بطور سودآوری برای تأمین خواسته ها تولید نمود.

برنامه ریزی فرآیند: مشخصات متوالی عملیات مورد نیاز برای تبدیل مواد خام به قطعات و مونتاژ قطعات به صورت محصول را مشخص می نماید. برنامه ریزی فرآیند به درک عمیقی از قابلیت دسترسی و قابلیت توانمندی عملیات تولیدی و نیازهای عملیاتی که توسط طراح محصول تعیین شده نیاز دارد.

برنامه فرآیند نهایی: مجموعه ای از دستورالعمل ها است که تعیین می کنند چگونه یک قطعه باید ساخته شود، این دستورالعمل ها شامل توالی ابزارهای ماشین، ابزارهای مورد نیاز و تنظیمات ماشین است.

عملیات تولیدی: این عملیات عموماً یا ماهیت ساختنی دارند و یا مونتاژی. **ساخت** به برداشت مواد از مواد اولیه (خام) و یا تغییر در حالت (فرم) آن به منظور دستیابی به قالبی مفیدتر اطلاق می گردد. مثل تزریق پلاستیک اکستروژن آلومینیوم. **مونتاژ** به تلفیق مجزا و یا مواد خام اولیه به منظور تولید یک واحد تلفیقی با ارزش تر اطلاق می گردد. مثل نصب یک برد روی شاسی یک کامپیوتر و یا اضافه کردن پایه به میز.

حمل و نقل مواد: با تکنیک های مورد استفاده برای حمل قطعات، تجهیزات و ابزارها و ضایعات در کارخانه سر و کار دارد.

چیدمان تجهیزات: با نحوه قراردادی فیزیکی فرآیند تولید از طریق تجهیزات، روابط فرآیندهای مرتبط، ارائه خدمات مورد نیاز نظیر هوای فشرده، روشنایی، برق و تهویه مطبوع به محیط کار و حذف محصولات زاید نظیر دود، رنگ، براده ها و مواد خنک کننده از محیط سرو کار دارد.

برنامه ریزی، زمانبندی و کنترل تولید: اجزاء با اهمیتی از سیستم تولیدی را تشکیل می دهند. **برنامه ریزی تولید** مسئول تلفیق اطلاعات مربوط به تقاضای بازار، ظرفیت تولید و سطوح فعلی موجودی به منظور تعیین سطوح تولید برنامه ریزی شده بر حسب گروه (خانواده) محصول و برای دوره های میان مدت تا بلند مدت است.

CIMS (Computer Integrated Manufacturing Systems): استفاده از پایگاه داده های یکپارچه برای آن پیش بینی شده است و هدف آن به حداکثر رساندن هماهنگی و آگاهی میان اجزاء سیستم می باشد. به این طریق حرکت بین اجزای سیستم به حداقل می رسد.

انواع سیستم های تولیدی:

سیستم های تولیدی ماهیتاً **سلسله مراتبی** هستند. ۴ سطح وجود دارد. در سطح بالا کل تجهیزات قرار دارند و پایین ترین سطح در بر گیرنده قطعات منفرد تجهیزات نظیر ماشین ابزارها، کنترل کننده ها یا آدمواره ها می باشد.

دپارتمان: تجهیزات متشکل از دپارتمان ها است. یک دپارتمان می تواند شامل ۱۰ ماشین سنگ زنی در کارگاه بوده و یا محوطه ای باشد که در آن محصولی ساخته می شود و انواع مختلفی از ماشین آلات در آن قرار دارد. به انتخاب چگونگی شکل دهی دپارتمان ها ، نوع چیدمان گفته می شود. دپارتمان ها شامل مراکز تولیدی هستند.

مرکز تولیدی: شامل یک یا چند ماشین است که نوعاً به صورت یک موجودیت (زمانبندی) می شوند. مرکز کاری همچنین شامل کنترل کننده ماشین، حس گرها، آذمواره ها و یا سایر تجهیزات حمل و نقل است.

پیکربندی متداول چیدمان تجهیزات عبارتند از:

- ✚ چیدمان مبتنی بر محصول (خطوط جریان)
- ✚ چیدمان مبتنی بر فرآیند (مسیر یگانه برای هر قطعه، چیدمان عملیاتی)
- ✚ تکنولوژی گروهی (تولید سلولی)
- ✚ مکان ثابت

تفاوت بین این ۴ راهکار در سیستم جریان مواد آن ها بسادگی قابل رویت است.

WIP (Work In Process): دسته ای از مواد است که برای تولید به کف کارگاه ارسال شده اند ولی تاکنون تکمیل نشده اند.

چیدمان مبتنی بر محصول یا خطوط جریان:

- برای یک محصول خاص طراحی می شود.
- گاهی به آن خطوط جریان نیز اطلاق می گردد، چراکه ماشین آلات به گونه ای قرار می گیرند که محصول از اولین ماشین به دومین و از دومی به سومی و تا آخر جریان پیدا می کند. مواد خام از ابتدای خط وارد فرآیند تولید می شود، با تکمیل فرآوری در آخرین دستگاه، مواد خام به محصول نهایی تبدیل شده است.
- با تعدیل پیچیدگی و حجم محصول، خطوط تولید مبتنی بر محصول بدون شک موثرترین و کاراترین چیدمان هستند. (بر کسب حداکثر کارایی از ماشین تأکید دارد).
- خطوط مونتاژ و خطوط انتقال مثال هایی از چیدمان مبتنی بر محصول می باشند.
- مزیت چیدمان مبتنی بر محصول، زمان عملکرد بسیار پایین و سرمایه کار در جریان (WIP) پایین است.
- برای تولید انبوه موثر هستند.
- ماشین آلات در خطوط جریان اغلب بطور خاص برای محصول طراحی شده اند و بسادگی قابل تطبیق با محصولات دیگر نیستند. این کار از لحاظ اقتصادی امکان پذیر نیست مگر آن که محصول حجم مناسبی داشته باشد که بتواند هزینه آرایش مجدد تجهیزات در خط جدید و هزینه استهلاک کامل ، تجهیزات در تولید را جذب نماید.

چیدمان مبتنی بر فرآیند (مسیر یگانه برای هر قطعه، چیدمان عملیاتی)



- دپارتمان ها شامل ماشین آلاتی با قابلیت های مشابهی هستند که عملکردهای یکسانی را انجام می دهند. از اینرو، به این راهکار چیدمان عملیاتی گفته می شود.
- مثال دپارتمانی از ماشین های تراش، ماشین های سنگ زنی و ماشین های منگنه زنی
- ممکن است دسته های بعدی که به یک مرکز کاری تخصیص می یابند به ابزارها و تنظیمات بسیار متفاوت نیاز داشته باشند. در این حالت نیاز به اپراتورهای بسیار ماهر نیز می باشد.
- زمان توان عملیات بالا و WIP زیاد می باشد.
- پراکندگی جغرافیایی عملیات مورد نیاز هر محصول منجر به پیچیده شدن تنظیم اولویت های مربوطه می شود که ناشی از انجام کارهای غلط توسط مراکز کاری است.
- وقتی که چیدمان محصولی قابل توجیه نباشد، چیدمان فرآیندی اجتناب ناپذیر می گردد.
- انباشت تجربه فرآیند به صورت کارگاهی، یکی از مزایای این نوع چیدمان است.

تکنولوژی گروهی (تولید سلولی): آن را می توان برای تبدیل سایر روش های چیدمان فرآیندی در محیطی

مجازی برای چیدمان محصولی به کار برد. قطعات مشابه با هم و به مقدار مناسبی گروه بندی می شوند تا ماشین آلات مربوط به خود را توجیه نمایند. آنگاه چیدمان یک سلول فقط برای تولید همین گروه از قطعات شکل می گیرد. تولید سلولی بعنوان یک نوآوری تکنولوژیکی بطور بالقوه اهمیتی برابر با کنترل عددی و رباتیک دارد. ممکن است آرایش ماشین آلات در یک سلول با یک الگوی جریان کامل امکان پذیر باشد یا نباشد، یعنی اینکه ممکن تمام قطعات از توالی یکسانی در استفاده از ماشین آلات پیروی نکنند.

- استفاده از ماشین آلات در محیط فیزیکی اختصاص داده شده برای تولید مجموعه قطعات خاص باعث تسهیل زمانبندی و کنترل شده و به طور اساسی مجهز به کاهش زمان راه اندازی، جابجایی مواد، wip و افزایش توان عملیاتی می گردد.

مکان ثابت: برای محصولات بزرگی همچون کشتی، ساختمان و هواپیما کاربرد دارد، چرا که اندازه محصول،

انتقال آن را بین عملیات مختلف تولیدی غیر عملی می سازد. تمام قطعات و فرآیندها، نظیر وسایل عملیات جوشکاری در کنار محصول انجام می شود. ولی در چیدمان مبتنی بر محصول، فرآیند و تکنولوژی گروهی، محصول در بین فرآیندها حرکت می کند.

- زمان توان عملیاتی متوسط
- انعطاف پذیری تولید بالا
- کار در جریان متوسط
- هزینه تولید به ازای هر واحد بالا

مبانی سیستم های تولید:

قانون اول: (قانون Little)



- "نرخ تولید * زمان عملکرد = (کار در جریان ساخت) WIP"

- بر اساس قانون لیتل افزایش سطح WIP با ارسال مواد بیشتر به کف کارگاه، نرخ تولید را افزایش و زمان عملکرد را افزایش خواهد داد.

- این قانون در تمام سطوح قطعات مجزای تجهیزات، مراکز کاری، دپارتمان ها و سیستم ها کاربرد دارد.

قانون دوم: ماده ثابت است

- یک سیستم باثبات در بلند مدت نمی تواند انباشت موجودی داشته باشد. ورودی باید برابر خروجی باشد.

قانون سوم: هر چه حوزه کاری سیستم بزرگتر باشد، قابلیت اعتماد آن کمتر است.

قانون چهارم «خرابی اشیاء»: اشیاء از بین می روند و انعطاف پذیری، قابلیت تطابق با محیط متغیر را می دهد ولی طول عمر تغییر اندکی دارد.

قانون پنجم: **رشد نمایی پیچیدگی:** اگر سیستمی M جزء داشته باشد که هر یک را بتوان N وضعیت در نظر گرفت، آنگاه N^M وضعیت ممکن خواهد داشت. تعداد ارتباطات بین مولفه ها در یک شبکه سریعتر از یک سیستم خطی افزایش خواهد داشت.

قانون ششم: **پیشرفت های فن آوری:** بهترین ها اجازه بقا دارند. از آنجا که طبیعت حالتی تصادفی داشته و دارای توزیع احتمالی است، بهترین که باقی می ماند نسبت به دیگر افراد عادی احساس برتری می کند. میانگین جدید بهتر از میانگین قبلی است.

قانون هفتم: اجزای سیستم بطور تصادفی رفتار می کنند.

قانون هشتم: **محدودیت های نسبیت (بشری):** ما عادت به تفکر خطی داریم که تنها درگیر یک فعالیت در زمان است. حافظه کوتاه مدت ما محدود به هفت جزء است و دید مفهومی ما محدود به تجاربی است که در دنیای سه بعدی شکل گرفته است. بجای راه حل بهینه، مجبوریم به رضایتبخش بودن آن بسنده کنیم. در حال حاضر حداقل لازم است بپرسیم، چقدر خوب بودن مناسب است؟ و پاسخ آن را بپذیریم.

قانون نهم: ساده سازی و حذف، صرفه جویی در زمان، پول و انرژی

کانبان: کنترل تولید کانبان ساده تر از برنامه ریزی نیازهای مواد توسط سیستم های اطلاعاتی بزرگتر است.

تفاوت کارایی و اثر بخشی:

کارایی به انجام صحیح فعالیت اطلاق می گردد در حالی که **موثر بودن** به انجام فعالیت صحیح اطلاق می گردد.

از دیدگاه سوزاکی هفت نوع اتلاف در مدل های تولید وجود دارند:

۱ - اتلاف بر اثر تولید مازاد

۲ - اتلاف زمان انتظار

۳ - اتلاف بر اثر حمل و نقل

۴ - اتلاف بر اثر فرآوری



۵ - اتلاف موجودی

۶ - اتلاف بر اثر حرکت

۷ - اتلاف بر اثر خرابی محصول

مدل: یک مدل نمایش تجربیدی از سیستم واقعی است. مدل ها می توانند انتزاع فیزیکی یا ریاضی از واقعیت باشند.

کاربردهای ابتدایی مدل ها شامل موارد زیر هستند:

- 1 - **بهینه سازی:** یافتن بهترین مقادیر برای متغیرهای تصمیم گیری
 - 2 - **پیش بینی کارایی:** بررسی برنامه ها و حساسیت های بالقوه
 - 3 - **کنترل:** کمک به انتخاب قواعد کنترلی مناسب
- آیا در زمانبندی یک مرکز کاری، باید از قاعده کوتاه ترین زمان فرآوری (SPT) استفاده شود و یا زودترین زمان سر رسید (EDD) ملاک است؟ چگونه تصمیم بگیریم که چه وقت کار به کف کارگاه ارسال شود و جریان آن ها چگونه اولویت بندی می شود؟
- 4 - **دیدگاهی:** امکان درک بهتری از سیستم
 - 5 - **توجیه:** کمک به تصمیم گیری های مربوط به فروش و نکات حمایتی

روش مکاشفه ای: در این روش هر بار که برای برنامه ریزی مورد استفاده واقع شوند، تنها تولید به اندازه تقاضا را برای تعداد صحیحی از دوره ها در نظر می گیرند.

فرآیندهای بررسی صحت و اعتبار سنجی اغلب با یکدیگر همپوشانی داشته و یا دارای فعالیت های یکسان هستند. برخی از این فعالیت ها به شرح زیر هستند:

- 1 - **مقایسه مدل و ساختار سیستم:** اجزای سیستم به همان صورتی که وجود دارند و یا طراحی شده اند، با نمایش آن ها توسط مدل مقایسه می شوند.
- 2 - **مقایسه نتایج و داده های متناظر سیستم:** نتایج تحلیل با برآوردهای حاصل از عملکرد سیستم یا مشخصه های طراحی با همان مقادیر مقایسه می شوند.
- 3 - **مقایسه مدل و رفتار سیستم:** رفتار مدل با رفتار واقعی عملکرد سیستم و یا رفتار مورد نظر در طراحی سیستم مقایسه می شوند.
- 4 - **مقایسه ساختار مدل و نتایج آن با ساختار و نتایجی که از مدل دیگری از همان سیستم بدست آمده اند.**



فصل دوم

توجه: مسائل این فصل به دو صورت داده می شود یا با استفاده از روش تثبیت سرعت تولید، هزینه نگهداری و هزینه استخدام را از شما می خواهد یا با استفاده از روش برآورد تقاضا هزینه استخدام و اخراج را می خواهد. در هر کدام از این سوالات می تواند از شما برای کل سال را سوال نماید یا برای دوره های کوتاهتر مثلاً ۶ ماهه و حتی یک ماهه. در حل این مسائل به دقت، صرف وقت و حوصله احتیاج دارید مخصوصاً اگر از شما محاسبه کل سال را بخواهد. در ادامه هر دو نوع این سوالات در قالب دو مثال توضیح داده می شود:

تعاریف:

هزینه استخدام: وقتی ما میزان تقاضای بازار را برای کالاها یا خدمات کارخانه بررسی می کنیم متوجه می شویم که نیاز به انجام کار با یک تعداد کارگرانی داریم. هرگاه تعداد کارگران موجود کمتر از تعداد کارگران مورد نیاز باشد. مدیر تصمیم به استخدام می گیرد. اما این استخدام مثل هر نوع تغییر در سطح نیروی انسانی برای کارخانه هزینه دارد. که این هزینه به صورت واحد پولی به ازای هر نفر بیان می شود. به این هزینه، هزینه استخدام می گویند.

هزینه اخراج: عکس اتفاقی که در تعریف هزینه استخدام توضیح داده شد وقتی می افتد که متوجه می شویم با توجه به تقاضا، تعداد نفرات حاضر بیشتر از تعداد مورد نیاز است. از این رو مدیر بنا به مصلحت تصمیم بر اخراج نیروی مازاد می گیرد (گاهی هم ممکن است این اخراج را به تعویق بیندازد) که این هزینه هم به صورت واحد پولی بیان شده و هزینه اخراج نام دارد.

محدودیت در استخدام: محدودیتی است که برخی از شرکت ها به هنگام استخدام نیروی انسانی با آن مواجه هستند حالا یا به خاطر هزینه آموزشی که باید متحمل شوند یا موارد دیگر. مثلاً در مثال ها گفته می شود که حداکثر تعداد نفراتی که مجاز است در ماه استخدام شود ۳۰ نفر است.

هزینه نگهداری: وقتی که ما میزان تولیداتمان یا به زبان عامیانه میزان کاری که انجام داده ایم بیشتر از میزانی باشد که تقاضایش در بازار وجود دارد ما تولید مازاد داشته ایم. در این صورت باید برای این تولید مازاد هزینه کنیم یعنی تولیدی که فروش نداشته است و فقط سرمایه شرکت را راکد نگهداشته، سرمایه ای که می توانست در جریان بیفتد. ما آنرا در انبار نگهداری کنیم و هزینه های بیمه، مالیات و ... را برای آنها پرداخت کنیم. به طور کلی به این هزینه، هزینه نگهداری گفته می شود. در مثال ها برای بدست آوردن این هزینه ما نیاز به محاسبه کل سرمایه راکد داریم و درصدی از این سرمایه راکد را بعنوان هزینه نگهداری بحساب می آوریم.



مثال اول: روش برآورد تقاضا (نیمسال دوم ۹۰-۸۹)

تقاضای یک کارخانه تولیدی بر حسب نفر - ساعت برای یک سال مالی به شرح جدول زیر است. تعداد کارکنان فعلی شرکت ۳۲۰ نفر بوده و محدودیت استخدام حداکثر ۳۰ نفر در دوره با هزینه استخدام ۶۰۰ واحد پولی به ازای هر نفر وجود دارد. هزینه اخراج مساوی با نصف هزینه استخدام است. اگر ساعات کار روزانه ۸ ساعت بوده و هزینه تولید سرشکن شده به ازای هر نفر ساعت ۲۵ واحد پولی و هزینه نگهداری سالانه ۱۰٪ قیمت موجودی در نظر گرفته شود، مطلوبست هزینه های استخدام و اخراج شش ماهه نخست کارخانه را بر اساس روش ارضای تقاضا محاسبه نمایید.

دوره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
روز کاری	۲۰	۲۶	۱۹	۲۳	۲۰	۱۸	۱۶	۱۹	۲۲	۲۴	۲۱	۲۲
تقاضا	۴۸۰۰۰	۵۲۰۰۰	۵۸۰۰۰	۶۵۰۰۰	۶۰۰۰۰	۴۸۰۰۰	۷۴۰۰۰	۹۰۰۰۰	۶۶۰۰۰	۸۰۰۰۰	۵۵۰۰۰	۶۲۰۰۰

$$\text{تقاضای هر دوره} = \frac{\text{تعداد مورد نیاز هر دوره}}{\text{ساعات کار روزانه} \times \text{تعداد روز}}$$

$$\text{تقاضای مورد نیاز دوره ۱} = \frac{48000}{20 \times 8} = \frac{48000}{160} = 300$$

طبق جدول تعداد کارکنان مورد نیاز دوره ۱، ۳۰۰ نفر می باشد ولی ما ۳۲۰ نفر داریم یعنی ۲۰ نفر کم داریم. ۳۲۰ - ۳۰۰ = ۲۰ نفر کم داریم. باید اخراج کنیم و تعداد کارکنان را به ۳۰۰ نفر برسانیم. (۲۰-)

$$\text{تقاضای مورد نیاز دوره ۲} = \frac{52000}{26 \times 8} = \frac{52000}{208} = 250$$

تعداد کارکنان مورد نیاز ۲۵۰ نفر می باشد ولی ما ۳۰۰ نفر داریم یعنی ۵۰ نفر بیش داریم. باید اخراج کنیم و تعداد کارکنان را به ۲۵۰ نفر برسانیم. (۵۰-)

$$\text{تقاضای مورد نیاز دوره ۳} = \frac{58000}{19 \times 8} = \frac{58000}{152} = 382$$

تعداد کارکنان مورد نیاز ۳۸۲ نفر می باشد ولی ما ۲۵۰ نفر داریم یعنی ۱۳۲ نفر کم داریم. ۳۸۲ - ۲۵۰ = ۱۳۲ نفر کم داریم. باید استخدام کنیم و تعداد کارکنان را به ۳۸۲ نفر برسانیم. (۱۳۲+)

$$\text{نظرات مورد نیاز دوره ۴} = \frac{751000}{23 \times 8} = \frac{751000}{184} \approx 408$$

تعداد کارکنان مورد نیاز ۴۰۸ نفر می باشد و با ۲۸۰ نفر داریم پس $408 - 280 = 128$ نفر را باید استخدام کنیم و با به علت محدودیت استخدام تنها ۳۰ نفر را استخدام می کنیم و تعداد کارکنان را به $280 + 30 = 310$ نفر می رسانیم (۳۰+)

$$\text{نظرات مورد نیاز دوره ۵} = \frac{751000}{20 \times 8} = \frac{751000}{160} = 469$$

تعداد کارکنان مورد نیاز ۴۶۹ نفر می باشد و با ۳۱۰ نفر داریم پس $469 - 310 = 159$ نفر را باید استخدام کنیم و با به علت محدودیت استخدام تنها ۳۰ نفر را استخدام می کنیم و تعداد کارکنان را به $310 + 30 = 340$ نفر می رسانیم (۳۰+)

$$\text{نظرات مورد نیاز دوره ۶} = \frac{481000}{18 \times 8} = \frac{481000}{144} \approx 334$$

تعداد کارکنان مورد نیاز ۳۳۴ نفر می باشد و با ۳۴۰ نفر داریم پس $334 - 340 = -6$ نفر را باید اخراج کنیم و تعداد کارکنان را به 334 نفر می رسانیم (۶-)

در موردی که می خواهیم میزان استخدام و اخراج را برای ۱۲ دوره محاسبه کنیم همین روال را تا ۱۲ دوره ادامه می دهیم اما مرحله به مرحله می بینیم که این است که ما باید هزینه این استخدام و اخراج را به واحد پولی بیان کنیم.

$$\text{تعداد کل استخدام در طول ۶ دوره} = 30 + 30 + 30 = 90$$

$$\text{هزینه استخدام به ازای هر نفر به واحد پولی} \times \text{تعداد استخدام در طول ۶ دوره} = \text{هزینه استخدام در طول ۶ دوره}$$

$$= 90 \times 600 = 54000$$

$$\text{تعداد کل اخراج در طول ۶ دوره} = 20 + 50 + 6 = 76$$

$$\text{هزینه اخراج به ازای هر نفر به واحد پولی} \times \text{تعداد اخراج در طول ۶ دوره} = \text{هزینه اخراج در طول ۶ دوره}$$

$$= 76 \times (1/2 \times 600) = 22800$$

$$\text{هزینه کل روش ارزش صاف برای ۶ دوره} = \text{هزینه استخدام} + \text{هزینه اخراج} = 54000 + 22800 = 76800$$

مثال دوم: روش تثبیت تولید (نیمسال دوم ۹۰-۸۹)

با توجه به مفروضات مثال قبل، با استفاده از روش تثبیت تولید، مطلوبست محاسبه کل هزینه نگهداری و هزینه استخدام و اخراج در سال.

مرحله اول حل مسئله: محاسبه تعداد نفرات تحت استخدام و اخراج در هر دوره هزینه مربوطه

$$۲۵۰ = \text{جمع تعداد روزهای کاری}$$

$$۷۵۸۰۰۰ = \text{مجموع تقاضای ۱۲ دوره}$$

$$۳۷۹ = \frac{۷۵۸۰۰۰}{۲۵۰ \times ۸} = \frac{\text{جمع تقاضای ۱۲ دوره}}{\text{تعداد نفرات مورد نیاز دوره ۱} \times \text{ساعات کار روزانه} \times \text{جمع کل روزهای کاری ۱۲ دوره}}$$

بنابراین با توجه به مجموع تقاضای ۱۲ دوره به ۳۷۹ نفر نیاز است اما در حال حاضر ۳۲۰ نفر در کارخانه حاضر بوده و با توجه به محدودیت استخدام (حد اکثر ۲۰ نفر) می‌توانیم ۲۰ نفر را استخدام و تعداد کارکنان را در دوره اول به ۳۵۰ نفر برسانیم. (۳۰+)

بنده هم این است که در روش تثبیت تولید برای دوره اول به بعد ما باید میزان کاری که در ماه قبل با توجه به تعداد نفرات به دست آمده انجام شده است را از میزان کل تقاضای داده دوره کم کنیم چنانچه در خروجی کسر تعداد روزهای کاری ماه قبل را از جمع کل روزهای ۱۲ دوره، بنویسیم برای محاسبه تعداد نفرات مورد نیاز ماه بعد می‌توانیم این تعداد نفرات ماه قبل چه مقدار کار کرده‌اند، آن مقدار کار را از کل کار (کل تقاضا) کم می‌کنیم تا بتوانیم تصمیم چه مقدار کار باقی مانده است و برای انجام آن به چه تعداد کارگر نیاز است. همین روش را برای ماههای آتی تکرار می‌کنیم.

کار انجام شده دوره ۱

۵۶۱۰۰۰

کل کار

$$۳۸۲ = \frac{۷۵۸۰۰۰ - (۳۵۰ \times ۲۰ \times ۸)}{۲۵۰}$$

$$\frac{۷۵۸۰۰۰ - ۵۶۰۰۰}{۲۵۰}$$

۲۳۰

در ماه دوم به ۳۸۲ نفر نیاز است و ما ۳۵۰ نفر داریم و تنها مجاز هستیم ۳۰ نفر را استخدام کرده و تعداد کارکنان

را به ۳۸۰ نفر برسانیم. (+۳۰)

$$\text{نظرات مورد نیاز دوره ۳} = \frac{7581000 - ((350 \times 8 \times 2) + (380 \times 8 \times 26))}{(250 - 20 - 26) \times 2.4} \approx 382$$

۱۳۵۰۰
کارهای شده دوره ۱ کارهای شده دوره ۲

در ماه سوم به ۳۸۲ نفر نیاز است و ما ۳۸۰ نفر داریم پس باید ۲ نفر را استخدام و تعداد کارکنان را به ۳۸۲ نفر برسانیم. (+۲)

* برای راحتی در محاسبه مجموع کار انجام شده ماه های قبل را نوشته و تنها ماه جدید را به آن اضافه می کنیم

$$\text{نظرات مورد نیاز دوره ۴} = \frac{7581000 - ((1350.4 + (382 \times 8 \times 19))}{(20.4 - 19) \times 18.5} \approx 382$$

۱۹۳۱۰۴

در این دوره نیز ما به ۳۸۲ نفر نیاز داریم که هیچ تعداد نفر نیز داریم پس نه استخدام داریم و نه اخراج. (۰)

$$\text{نظرات مورد نیاز دوره ۵} = \frac{7581000 - ((1931.4 + (382 \times 8 \times 23))}{(18.5 - 23) \times 122} \approx 382$$

۲۶۳۲۹۲

در دوره پنجم نیز به ۳۸۲ نفر نیاز است که هیچ تعداد نفر نیز داریم پس نه استخدام داریم و نه اخراج. (۰)

$$\text{نظرات مورد نیاز دوره ۶} = \frac{7581000 - ((2632.92 + (382 \times 8 \times 20))}{(132 - 20) \times 142} \approx 382$$

۳۲۴۵۶۲

در دوره ششم نیز به ۳۸۲ نفر نیاز است پس نه استخدام داریم و نه اخراج. (۰)

$$\text{نظرات مورد نیاز دوره ۷} = \frac{7581000 - ((3245.62 + (382 \times 8 \times 18))}{(142 - 18) \times 124} \approx 382$$

۳۷۹۵۲۰

در دوره هفتم نیز به $\boxed{382}$ نفر نیاز است پس هیچ تغییری در سطح نیروی انسانی نیاز نیست. (۵)

$$\text{نیازت مورد نیاز دوره ۸} = \frac{7581000 - (428416 + (382 \times 8 \times 17))}{(17 - 16) \times 8} = 382$$

بنابراین در دوره هفتم نیز به $\boxed{382}$ نفر نیاز دارد و هیچ تغییری در سطح نیروی انسانی نیاز نیست. (۶)

$$\text{نیازت مورد نیاز دوره ۹} = \frac{7581000 - (428416 + (382 \times 8 \times 19))}{(19 - 18) \times 8} = 382$$

در دوره هفتم نیز به $\boxed{382}$ نفر نیاز دارد و نه استخدام نیاز است و نه اخراج. (۷)

$$\text{نیازت مورد نیاز دوره ۱۰} = \frac{7581000 - (428416 + (382 \times 8 \times 22))}{(22 - 21) \times 8} = 382$$

در دوره دهم نیز به $\boxed{382}$ نفر نیاز دارد و نه استخدام نیاز است و نه اخراج. (۸)

$$\text{نیازت مورد نیاز دوره ۱۱} = \frac{7581000 - (428416 + (382 \times 8 \times 24))}{(24 - 23) \times 8} = 381$$

در دوره یازدهم به $\boxed{381}$ نفر نیاز دارد اما در حال حاضر $\boxed{382}$ نفر نیرو وجود دارد پس باید یک نفر را

اخراج و تعداد نفرات را به $\boxed{381}$ نفر برسانیم. (۹)

$$\text{نیازت مورد نیاز دوره ۱۲} = \frac{7581000 - (428416 + (381 \times 8 \times 21))}{(21 - 20) \times 8} = 381$$

۱۲

دوره دوازدهم به ۲۸۱ نفر نیاز دارد یعنی نه استخدام نیاز است و نه اخراج (۰)

واحد پولی هزینه به ازای هر نفر \times تعداد کل استخدام در ۱۲ دوره = هزینه کل استخدام در ۱۲ دوره

$$\Rightarrow (30 + 30 + 2) \times 600 = 37200$$

واحد پولی هزینه اخراج به ازای هر نفر \times تعداد کل اخراج در ۱۲ دوره = هزینه کل اخراج در ۱۲ دوره

$$= 6 \times 1 \times 600 = 3600$$

مرحله دوم حل مسئله: محاسبه اضافی یا کسری جمع، سهم مابه را که در حای کل هزینه نگهداری

دوره اول

$$= 561000 = 350 \times 20 \times 8 : \text{کار انجام شده در دوره اول}$$

۴۸۱۰۰۰ : میزان شای برده دوره اول

$$8000 = 561000 - 481000 : \text{کسری / اضافی موجودی جمع}$$

$$2001000 = 8000 \times 25 : \text{سهم مابه را که دوره اول} \leftarrow \text{هزینه تولید به کلین شده به ازای هر نفر سلامت}$$

شای برده شده

$$= 79040 = 380 \times 26 \times 8 : \text{کار انجام شده در دوره دوم}$$

۵۲۰۰۰ : میزان شای برده دوره دوم

$$27040 = 79040 - 52000 : \text{تفاضل شای برده و پیش شده}$$

$$35040 = 27040 + 8000 : \text{کسری / اضافی موجودی جمع دوره دوم}$$

$$1876000 = 35040 \times 25 : \text{سهم مابه را که دوره دوم}$$

تفاضلی برگردان شده = $282 \times 19 \times 8 = 58064$: کار انجام شده در دوره سوم

۵۸۱۰۰۰ : میانگین تفاضلی دوره سوم

تفاضل تفاضلات : $58064 - 581000 = 76$

کسری یا اضافی موجودی نهایی : $76 + (350.4) = 351.4$
دوره های قبل

مربایه را که دوره سوم : $351.4 \times 25 = 8776.0$

تفاضلی برگردان شده = $282 \times 23 \times 8 = 70288$: کار انجام شده در دوره چهارم

۶۵۱۰۰۰ : میانگین تفاضلی دوره چهارم

تفاضل تفاضلات : $70288 - 651000 = 5288$

کسری / اضافی موجودی نهایی : $5288 + (351.4) = 40392$
دوره های قبل

مربایه را که دوره چهارم : $40392 \times 25 = 1009800$

تفاضلی برگردان شده = $282 \times 20 \times 8 = 7112$: کار انجام شده در دوره پنجم

۶۰۱۰۰۰ : میانگین تفاضلی دوره پنجم

تفاضل تفاضلات : $7112 - 601000 = 112$

کسری / اضافی موجودی نهایی : $112 + (40392) = 41512$
دوره های قبل

مربایه را که دوره پنجم : $41512 \times 25 = 1037800$



تقاضای بکاربرد شده: $382 \times 18 \times 8 = 55008$: کار انجام شده در دوره هشتم

میزان تقاضای دوره هشتم: 481000

تفاضل تقاضاها: $55008 - 481000 = 7008$

کسری / اضافی موجودی نسبی: $7008 + 41512 = 48520$

سرمایه راکد دوره هشتم: $48520 \times 25 = 1213000$

تقاضای بکاربرد شده: $382 \times 17 \times 8 = 48896$: کار انجام شده در دوره هشتم

میزان تقاضای دوره هشتم: 741000

تفاضل تقاضاها: $48896 - 741000 = -25104$

کسری / اضافی موجودی نسبی: $-25104 + 48520 = 23416$

سرمایه راکد دوره هشتم: $23416 \times 25 = 585400$

تقاضای بکاربرد شده: $382 \times 19 \times 8 = 58064$: کار انجام شده در دوره هشتم

میزان تقاضای دوره هشتم: 901000

تفاضل تقاضاها: $58064 - 901000 = -31936$

کسری / اضافی موجودی نسبی: $-31936 + 23416 = -8520$

سرمایه راکد دوره هشتم: 0

چون کسری داریم پس سرمایه راکد منفی می شود.

تقاضای بکاربرد شده: $382 \times 24 \times 8 = 73232$: کار انجام شده در دوره هشتم

میزان تقاضای دوره هشتم: 661000

تفاضل تقاضاها: $73232 - 661000 = 12442$

تقاضای بکاربرد شده



$$-۷۲۸۸ = -۸۵۲۰ + ۱۲۳۲ \text{ کسری / اضافی موجودی تعجبی}$$

در: سال
[۵]: سرمایه را که دوره دوم

چون کسری داریم سرمایه را که منتهی می شود.

$$۷۳۳۴۴ = ۳۸۲ \times ۲۴ \times ۸ \text{ : کار انجام شده در دوره دوم}$$

میزان تفاضلی دوره دوم: ۸۰۱۰۰۰

$$-۷۲۸۸ = ۷۳۳۴۴ - ۸۰۱۰۰۰ \text{ : تفاضل تفاضلی}$$

$$-۱۳۹۴۴ = -۷۲۸۸ + -۷۶۵۶ \text{ کسری / اضافی موجودی تعجبی}$$

[۵]: سرمایه را که دوره دوم

چون کسری داریم سرمایه را که منتهی می شود.

$$۶۴۰۰۸ = ۳۸۱ \times ۲۱ \times ۸ \text{ : کار انجام شده در دوره یازدهم}$$

میزان تفاضلی دوره یازدهم: ۵۵۱۰۰۰

$$۹۰۰۸ = ۶۴۰۰۸ - ۵۵۰۰۰ \text{ : تفاضل تفاضلی}$$

$$-۴۹۳۶ = -۱۳۹۴۴ + ۹۰۰۸ \text{ کسری / اضافی موجودی تعجبی}$$

[۵]: سرمایه را که دوره یازدهم

چون کسری داریم سرمایه را که منتهی می شود.

$$۶۷۰۵۶ = ۳۸۱ \times ۲۲ \times ۸ \text{ : کار انجام شده در دوره دوازدهم}$$

میزان تفاضلی دوره دوازدهم: ۶۲۱۰۰۰

$$۵۰۵۶ = ۶۷۰۵۶ - ۶۲۱۰۰۰ \text{ : تفاضل تفاضلی}$$

$$۱۲ = ۵۰۵۶ - ۴۹۳۶ \text{ کسری / اضافی موجودی تعجبی}$$

$$۳۰۰۰ = ۱۲ \times ۲۵ \text{ : سرمایه را که دوره دوازدهم}$$

$$۲۰۰۱۰۰۰ + ۸۷۶۱۰۰۰ + ۸۷۷۶۰۰ + ۱۰۰۹۸۰۰ + ۱۰۳۷۸۰۰ + ۱۲۱۳۰۰۰$$

$$+ ۵۸۵۴۰۰ + ۰ + ۰ + ۰ + ۰ + ۳۰۰۰ = ۵۸۰۲۶۰۰$$

$$\text{هزینه ماهیانه سرمایه‌گذاری برای موجودی} : 5802600 \div 12 = 483550$$

$$\text{هزینه نگهداری کل} : 483550 \times 1.10 = 531905$$

$$\text{هزینه نگهداری کل} = \text{هزینه اخراج} + \text{هزینه استخدام} + \text{هزینه تسری موجودی}$$

$$= 37200 + 300 + 483550 + 0 = \underline{858050}$$



فصل سوم

توجه: مسائل این فصل نیاز به محاسبات چندانی ندارد و فقط محدود به فرموله کردن مسائل بعنوان یک مدل سازی برنامه ریزی خطی می باشد و در زمینه مباحث زیر مطرح می شود:

- ✓ مسأله تولید ترکیبی
- ✓ مسأله انتخاب روش تولید
- ✓ مسأله امتزاج
- ✓ مسأله برش
- ✓ مسأله تولید چند مرحله ای
- ✓ یک سیستم M مرحله سری با چند فرآیند تولید در هر مرحله
- ✓ یک سیستم M مرحله سری و محصولات متعدد در هر مرحله



مثال اول: مسأله تولید ترکیبی (نیمسال اول ۹۱-۹۲)

تصور کنید در یک کارگاه تولیدی سه محصول توسط چهار دیپارتمان تولید می گردد. مفروضات مربوطه به صورت زیر است. مطلوبست فرموله کردن مسأله بعنوان یک مدل برنامه ریزی خطی:

محصول	سطح تولید		ساعات تولید برای هر واحد محصول				سود هر واحد محصول
	مینیمم	ماکزیمم	دیپارتمان ۱	دیپارتمان ۲	دیپارتمان ۳	دیپارتمان ۴	
A	۲۰	۲۰۰	۰/۱	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۱۸	۱۰
B	۰	۱۰۰	۰/۱۲	۰/۰۵	-	۰/۱	۱۲
C	۷۰	۱۸۰	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۸	۱۵
ساعات تولید در دسترس			۳۶	۳۰	۳۷	۳۸	

همانطور که در جزوه ۱ نیز بیان شد مسأله تولید ترکیبی در کارخانجاتی مطرح است که از بین محصولات که قادرند تولید کنند نمی دانند کدام محصول را تولید کنند. همانطور که در جدول می بینید شش نام سود وجود دارد. دقت کنید که گاهی اوقات این متون را در قالب دستورالعمل و هزینه ارائه می دهند مثل عمده ۶۰ جدول ۲ کتاب و باید ابتدا (۰ - ۲۱) یعنی سود را بدست آوریم یعنی (هزینه - درآمد = سود) و از بین جدولی که خارج می آید. یعنی تابع هدف ما که داریم اما مرحله بعد یعنی z یعنی محدودیت ها است. دقتی جدول را می بینیم متوجه می شویم که در نوع محدودیت داریم

کسی آنگه هر دپارتمان جداگانه چقدر می تواند تولید کند و ریسک آنگه از همه محصولات جداگانه چقدر می تواند تولید شود. و اما عدد آخر آنگه این محمولات تعدادشان نمی تواند منفی باشد. پس سئواله به صورت زیر فرموله می شود.

$$\text{Max } Z = 10(x_{A_1} + x_{A_2} + x_{A_3} + x_{A_4}) + 12(x_{B_1} + x_{B_2} + x_{B_3} + x_{B_4}) + 15(x_{C_1} + x_{C_2} + x_{C_3} + x_{C_4})$$

$(r_i - c_i)$

st:

$$x_{A_1} + 0.12x_{B_1} + 0.05x_{C_1} \leq 36$$

$$0.06x_{A_2} + 0.05x_{B_2} + 0.09x_{C_2} \leq 30$$

$$0.18x_{A_3} + 0.07x_{C_3} \leq 37$$

$$0.18x_{A_4} + 0.1x_{B_4} + 0.08x_{C_4} \leq 38$$

محدودیت های مربوط به هر دپارتمان نمی تواند دپارتمان جداگانه
چه تعداد محصول را شامل هر سه نوع محصول می تواند تولید کند

$$\begin{cases} (x_{A_1} + x_{A_2} + x_{A_3} + x_{A_4}) \leq 200 \\ (x_{A_1} + x_{A_2} + x_{A_3} + x_{A_4}) \geq 20 \end{cases}$$

محدودیت های مربوط به هر محصول نمی تواند دپارتمان که هر
محصول تماماً در دپارتمان ها می تواند تولید شود

$$(x_{B_1} + x_{B_2} + x_{B_3} + x_{B_4}) \leq 100$$

$$\begin{cases} (x_{C_1} + x_{C_2} + x_{C_3} + x_{C_4}) \leq 180 \\ (x_{C_1} + x_{C_2} + x_{C_3} + x_{C_4}) \geq 20 \end{cases}$$

$x_{ij} \geq 0$ تعداد محصول نمی تواند منفی باشد حتماً
این است که تولیدی نداریم و صفر است.

$$i = A, B, C$$

نوع محصولات

$$j = 1, 2, 3, 4$$

شماره دپارتمان ها



مثال بعدی از تولید ترکیبی: (نیمسال اول ۹۳-۹۲)

۴ نوع محصول یک کارخانه تولید فولاد آلیاژی در سه مرکز کاری با ظرفیت مساوی و برابر با ۲۰۰ ساعت و با استفاده از دو نوع ماده مصرفی A,B تولید می شود. زمان تولید، مقدار مواد مصرفی و سایر اطلاعات مربوط در جداول زیر داده شده است. مسأله را به منظور تعیین ترکیب بهینه تولید با هدف بیشینه سازی سود مدل سازی کنید. مقدار موجودی در دسترس از ماده مصرفی A,B به ترتیب ۱۸ و ۳۵۰۰ کیلوگرم می باشد.

شرح	محصول ۱	محصول ۲	محصول ۳	محصول ۴
زمان تولید در مرکز کاری ۱ (ساعت)	۰/۳	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۲۵
زمان تولید در مرکز کاری ۲ (ساعت)	۰/۴	۰/۶	۰/۶	۰/۴
زمان تولید در مرکز کاری ۳ (ساعت)	۰/۴۵	۰/۵۶	۰/۱۲	۰/۲۵
مواد مصرفی نوع A (کیلوگرم)	۴/۲	۲/۶	۰/۹۵	۶/۵
مواد مصرفی نوع B (گرم)	۳۲	۸۶	۴/۵	۱۶
قیمت فروش هر واحد محصول (واحد پولی)	۷۰۰	۴۸۰	۱۳۶	۵۵۰
حداقل تولید مورد نیاز از هر محصول	۳۰۰۰	-----	۲۰۰۰	۱۲۰۰

این مسأله به شکل مثال قبل مدل شده می شود ولی در آن وجود دارد که این مواد مصرفی نوع A و B که نیست که یک کیلوگرم و دیگری گرم و ما لازم است ابتدا مواد مصرفی B را به کیلوگرم تبدیل و بعد هم درج در مدل سازی کنیم. نکته دیگر آنکه همانطور که در مثال قبل بیان شد ما در تابع هدف باید $\max z$ داشته باشیم و مقدار سود را یا به صورت سود جداگانه داریم که کار راحت است و یا نداریم که باید $(r_i - c_i)$ را بدست آوریم نکته اینجا اینست که ما اگر قبل این مثال هزینه را نداشته باشیم در فرمول c_i می گذاریم ۰

نویسندگرم ۱ در ۳ مرکز کاری

$$\max z = (700 - c_1)(x_{11} + x_{12} + x_{13}) + (480 - c_2)(x_{21} + x_{22} + x_{23}) + (136 - c_3)(x_{31} + x_{32} + x_{33}) + (550 - c_4)(x_{41} + x_{42} + x_{43})$$

اما محدودیت‌ها: محدودیت اول مربوط به ساعات تولید سه مرکز کاری می‌شود که در صورت سالانه حداکثر ۲۰۰ ساعت ذکر شده است.

st:

$$\left\{ \begin{aligned} \text{محدودیت ساعات تولید مرکز کاری ۱ برای محصول ۱} &\rightarrow 0.3x_{11} + 0.25x_{12} + 0.35x_{13} + 0.25x_{41} \leq 200 \\ \text{محدودیت ساعات تولید مرکز کاری ۱ برای محصول ۲} &\rightarrow 0.4x_{12} + 0.16x_{22} + 0.16x_{32} + 0.4x_{42} \leq 200 \\ \text{محدودیت ساعات تولید مرکز کاری ۳ برای محصول ۳} &\rightarrow 0.45x_{13} + 0.57x_{23} + 0.12x_{33} + 0.25x_{43} \leq 200 \end{aligned} \right.$$

محدودیت بعدی مربوط به مقدار موجودی در دسترس از ماده مصرفی A و B است که در صورت سالانه به ترتیب ۳۵۰۰ و ۱۸ کیلوگرم است. بنابراین هرگاه که واحدها هیچ موجودی در دسترس نداشته باشند اینها انجام شود.

$$\begin{aligned} &0.32(x_{11} + x_{12} + x_{13}) + 0.16(x_{21} + x_{22} + x_{23}) + 0.95(x_{31} + x_{32} + x_{33}) \\ &+ 0.15(x_{41} + x_{42} + x_{43}) \leq 3500 \end{aligned}$$

محدودیت مربوط به ماده مصرفی A برای محصول ۱ در مرکز کاری →

$$\begin{aligned} &0.32(x_{11} + x_{12} + x_{13}) + 0.16(x_{21} + x_{22} + x_{23}) + 0.45(x_{31} + x_{32} + x_{33}) \\ &+ 0.16(x_{41} + x_{42} + x_{43}) \leq 18 \end{aligned}$$

محدودیت مربوط به ماده مصرفی B برای محصول ۲ در مرکز کاری →

محدودیت آخر مربوط به حداقل تولید مورد نیاز از هر محصول می‌باشد یعنی از هر محصول در ۳ مرکز کاری حداقل مقدار باید تولید شود.

$$\begin{aligned} &x_{11} + x_{12} + x_{13} \geq 3000 \rightarrow \text{حداقل تولید مورد نیاز محصول اول در سه مرکز کاری} \\ &x_{31} + x_{32} + x_{33} \geq 2000 \rightarrow \text{حداقل تولید مورد نیاز محصول سوم در سه مرکز کاری} \\ &x_{41} + x_{42} + x_{43} \geq 1200 \rightarrow \text{حداقل تولید مورد نیاز محصول چهارم در سه مرکز کاری} \end{aligned}$$

در مرحله آخر نیز میزان قبل متغیر تصمیم‌گیری می‌شود.

تولید کننده در مرکز کاری

$i = 1, 2, 3, 4$

محصول

$j = 1, 2, 3$

مرکز کاری

مثال بعدی از تولید ترکیبی: (تابستان ۹۰ و نیمسال دوم ۹۰-۸۹)

۳ نوع محصول یک کارخانه تولید رنگ در ۴ مرکز کاری با ظرفیت مساوی و برابر با ۲۰۰ ساعت تولید می شود زمان تولید، مقدار مواد مصرفی و سایر اطلاعات مربوط به محصولات در جداول زیر داده شده است. مسأله را به منظور تعیین ترکیب بهینه تولید با هدف بیشینه سازی سود مدل سازی نمایید.

محصول	زمان تولید هر محصول بر حسب ساعت				مواد مصرفی در هر محصول (گرم)	مواد مصرفی در دسترس
	مرکز ۱	مرکز ۲	مرکز ۳	مرکز ۴		
محصول A	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۲۵	۳۳۰	۳۵۰۰ کیلو گرم
محصول B	۰/۳۵	۰/۴	۰/۴۵	۰/۶	۲۵۰	
محصول C	۰/۵	۰/۲۵	۰/۳	۰/۳۵	۱۲۰	

سایر اطلاعات مربوط به هر محصول			مرکز کاری
محصول A	محصول B	محصول C	
P1	P2	P3	قیمت فروش (واحد پولی)
۱۲۰۰۰	۲۰۰۰	حداقل تقاضا (عدد)
۳۰۰۰۰	۲۳۰۰	حداکثر تقاضا (عدد)

این مثال هم مثل مثال قبلی حل می شود نکته آن این است که در اینجا برای تابع هدف ما نه مقدار قیمت را داریم و نه میزان هزینه را. در این صورت قیمت را به صورت P_i و هزینه را به صورت C_i تعریف می کنیم در نتیجه تابع $max Z$ به صورت زیر فرموله می شود.

$$\underline{max Z} = (P_1 - C_1)(x_{A1} + x_{A2} + x_{A3} + x_{A4}) + (P_2 - C_2)(x_{B1} + x_{B2} + x_{B3} + x_{B4}) + (P_3 - C_3)(x_{C1} + x_{C2} + x_{C3} + x_{C4})$$

و اما محدودیت ها: محدودیت اول مثل مثال قبلی مربوط به ساعات تولید هر مرکز کاری یعنی صورت مسأله حد اکثر ۲۰۰ ساعت می باشد

st:

$$\begin{aligned} 0.3x_{A1} + 0.35x_{B1} + 0.5x_{C1} &\leq 200 \rightarrow \text{محدودیت ساعات تولید هر مرکز کاری ۱ برای محصول ۱} \\ 0.2x_{A2} + 0.4x_{B2} + 0.25x_{C2} &\leq 200 \rightarrow \text{محدودیت ساعات تولید هر مرکز کاری ۲ برای محصول ۱} \end{aligned}$$

محدودیت ساعات تولید - مرکز کاری ۳ برای ۲ محمول $0.13x_{A_3} + 0.145x_{B_3} + 0.13x_{C_3} \leq 200 \rightarrow$

محدودیت ساعات تولید - مرکز کاری ۴ برای ۲ محمول $0.125x_{A_4} + 0.17x_{B_4} + 0.135x_{C_4} \leq 200 \rightarrow$

محدودیت بودی به مواد مصرفی در دسترس مربوط می شود که هرکدام ۳۵۰۰ یورو می توانند باشند.

مواد مصرفی در محمول A که در ۴ مرکز کاری تولید شده

$$33. (x_{A_1} + x_{A_2} + x_{A_3} + x_{A_4}) + 25. (x_{B_1} + x_{B_2} + x_{B_3} + x_{B_4}) + 12. (x_{C_1} + x_{C_2} + x_{C_3} + x_{C_4}) \leq 3500.$$

و محدودیت آخر، محدودیت حداقل ساعاتی باشد.

$$(x_{A_1} + x_{A_2} + x_{A_3} + x_{A_4}) \leq 3000.$$

$$(x_{A_1} + x_{A_2} + x_{A_3} + x_{A_4}) \geq 1200.$$

$$(x_{B_1} + x_{B_2} + x_{B_3} + x_{B_4}) \leq 2300.$$

$$(x_{C_1} + x_{C_2} + x_{C_3} + x_{C_4}) \geq 1000.$$

و در نهایت متغیر تصمیم x_{ij} به صورت زیر است: متغیر تصمیمی می شود.

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = A, B, C, \quad j = 1, 2, 3, 4$$



مثال امتزاج: (نیمسال دوم ۹۱-۹۰، تمرین صفحه ۶۷ کتاب)

یک تولید کننده آلیاژ، سفارشی از یک مشتری برای تولید یک آلیاژ به صورت زیر دریافت می دارد:

سنگ معدن	فلز A (درصد)	فلز B (درصد)	فلز C (درصد)	فلز D (درصد)	ناخالصی (درصد)	قیمت هر تن (واحد پول)
۱	۲۵	۱۰	۱۰	۲۵	۳۰	۲۳
۲	۴۰	۰	۰	۳۰	۳۰	۲۰
۳	۲۰	۱۰	۰	۳۰	۴۰	۱۸
۴	۰	۱۵	۵	۲۰	۶۰	۱۰
۵	۲۰	۲۰	۰	۴۰	۲۰	۲۷
۶	۸	۵	۱۰	۱۷	۶۰	۱۲

- فلز نوع A حداقل ۲۳٪

- فلز نوع B حداکثر ۱۵٪

- فلز نوع C حداکثر ۴٪

- فلز نوع D بین ۳۵٪ تا ۶۵٪

در تولید این آلیاژ غیر از ترکیبات فوق، ترکیب دیگری مجاز نیست. تولید کننده به ۶ نوع سنگ معدن دسترسی دارد که درصد ترکیبات و قیمت فروش هر واحد آن در جدول آمده است. ناخالصی معادن حین عمل خارج می گردد. با هدف مینیمم کردن هزینه هر تن از آلیاژ مورد نظر، مدل برنامه ریزی خطی این مسأله را بنویسید.

همانطور که در صورت مسأله ذکر شده است هدف مینیمم کردن هزینه است $\min Z$. اما هزینه ای که تولید کننده در این مثال متحمل می شود شامل قیمتی می شود که برای خرید هر تن از آلیاژها پرداخت می کند پس ما شریکیم متغیر را بعنوان ضرایب شش سنگ معدن در تابع هدف در نظر می گیریم.

$$\min Z = 23x_1 + 20x_2 + 18x_3 + 10x_4 + 27x_5 + 12x_6$$

اما محدودیتی که در خود مفروضات مسأله به آن اشاره شده است محدودیت حداقل و حداکثر مقدار است اینها به صورت

$$0.23x_1 + 0.40x_2 + 0.20x_3 + 0.00x_4 + 0.20x_5 + 0.08x_6 \geq 0.23$$

محدودیت فلز A در ۳ سنگ معدن

$$0.10x_1 + 0.10x_2 + 0.15x_3 + 0.20x_4 + 0.20x_5 + 0.05x_6 \leq 0.15$$

محدودیت فلز B در ۳ سنگ معدن

$$0.11x_1 + 0.105x_2 + 0.10x_3 \leq 0.4$$

محدودیت فنر C در گیت معدن

$$0.125x_1 + 0.13x_2 + 0.13x_3 + 0.12x_4 + 0.14x_5 + 0.117x_6 \geq 0.145$$

محدودیت بند D در گیت معدن

$$0.125x_1 + 0.13x_2 + 0.13x_3 + 0.12x_4 + 0.14x_5 + 0.117x_6 \leq 0.165$$

اگر ماده بیار هم در ساله امتزاج، معادله تعادل مواد می باشد و به صورت $\sum_{j=1}^n x_j = 1$ نمایش می شود. زیرا عبارت از درصد مواد خامی است که در آلیاژ مورد نظر به کار می رود به عبارت دیگر درصد خالصی. با توجه به شون درصد ناخالصی، درصد خالصی مشخص می شود. گاهی حتی در مسائل تعادل هیچ معادله تعادل مواد را نمی خواهد،

در مثال به عنوان آنرا خواهد دید.

$$0.17x_1 + 0.17x_2 + 0.16x_3 + 0.18x_4 + 0.18x_5 + 0.14x_6 = 1$$

مثال بعدی از امتزاج: (نیمسال اول ۹۲-۹۱)

برای تولید یک آلیاژ، ۴ نوع ماده اولیه D, C, B, A استفاده می شود. بر اساس یکی از سفارشات مشتریان، در آلیاژ مورد نظر باید از فلز نوع A حداقل ۲۳٪، از فلز نوع B حداکثر ۱۵٪، از فلز نوع C حداکثر ۴٪ و از فلز نوع D بین ۳۵٪ تا ۶۵٪ موجود باشد. تولید کننده به سه نوع سنگ معدن دسترسی دارد که درصد ترکیبات، در صد ناخالصی و قیمت فروش هر واحد آن در جدول آمده است. با در نظر گرفتن x_j به عنوان مقداری که از معدن j در هر واحد محصول مصرف می گردد. معادله تعادل مواد برای این مسئله چیست؟

قیمت هر تن (واحد پول)	ناخالصی	D	C	B	A	ماده اولیه
۲۳	۳۰٪	۲۵٪	۱۰٪	۱۰٪	۲۵٪	معدن ۱
۲۰	۳۰٪	۳۰٪	۰	۰	۴۰٪	معدن ۲
۱۸	۴۰٪	۳۰٪	۰	۱۰٪	۲۰٪	معدن ۳

(۱۰۰٪ - ۳۰٪)

فصل مثال: معادله تعادل مواد به صورت $\sum_{j=1}^n x_j = 1$ می شود

$$0.17x_1 + 0.17x_2 + 0.16x_3 = 1$$

۱۳۲: تعداد واحد از محصول مرحله ۱ که برای تولید یک واحد محصول در مرحله ۲ لازم است.

محدودیت سوم مربوط به آنست که حداکثر فروش است. وقتی حرف از فروش می شود پس باید جهت شکل بگیرد.

سیستم فقط مراحل ۲ و ۳ را در نظر بگیریم پس x_1 و x_2 را حذف می کنیم.

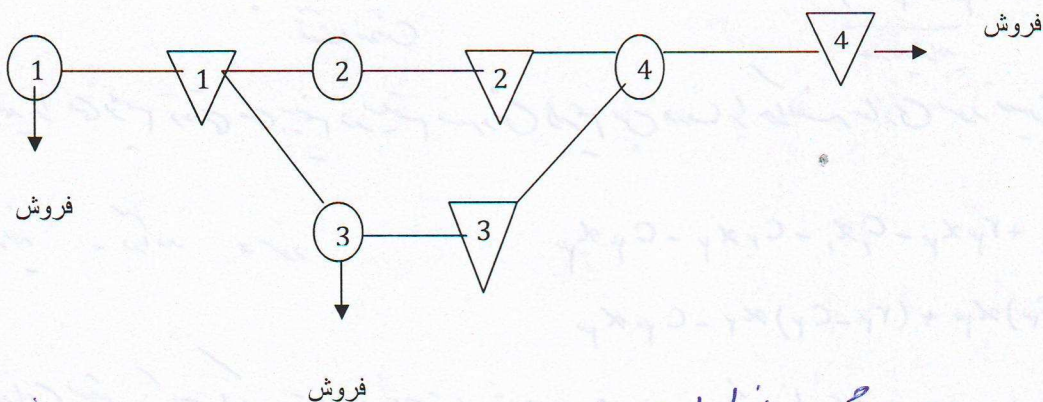
پس باید میزان فروش بیشتر از میزان تقاضا باشد در صورت حداکثر حداقل.

پس میزان محصول تولید شده در حدی باشد که حداقل تقاضا را پاسخ دهد و هم همواره.

چون بیشتر برای فروش وجود داشته باشد.

مثال بعدی از تولید چند مرحله ای: (نیمسال اول ۹۲-۹۱)

سیستم چهار مرحله ای نمایش داده شده را در نظر بگیرید. با در نظر گرفتن X_j به عنوان تعداد محصول در مرحله j ، a_{ij} به عنوان تعداد واحد از محصول مرحله j که برای تولید یک واحد محصول در مرحله i لازم است، p_j به عنوان ظرفیت مرحله j بر حسب تعداد محصول، C_j هزینه متغیر تولید در مرحله j و r_j به عنوان عایدی حاصل از فروش محصول j و L_j و u_j به ترتیب برابر با حداقل تقاضا و حداکثر فروش محصول j . مدل برنامه ریزی خطی مربوطه را بنویسید.



درست مثل مثال قبل حل می شود در اینجا r_1, r_2, r_3, r_4 داریم. تابع هدف دوباره max می باشد.

$$Max Z = r_1(x_1 - a_{12}x_2 - a_{13}x_3) + r_2(x_2 - a_{24}x_4) + r_3x_3 - C_1x_1 - C_2x_2 - C_3x_3 - C_4x_4$$

محصول مرحله ۱ در مرحله ۲ و ۳ لازم است.

st:

$$x_j \leq p_j \quad \text{محدودیت اول}$$

محدودیت دوم: محصول تولید شده در مرحله ۲ کلاً فقط در مرحله ۴ به کار می رود. $\alpha_{12}x_2 = \alpha_{42}x_4 \rightarrow$

به شکل که نگاه کنیم متوجه می شویم که محصول تولید شده در مرحله ۱ در مرحله ۲ در ۳ لازم است اما کل آن به سه گانه ۲، ۳ و ۴ تقسیم نمی شود بلکه قسمتی از آن در همان مرحله ۱ به سرش می رود به همین خاطر به جای علامت مساوی از بزرگتر مساوی استفاده می شود.

در مرحله ۳ مانده شش داریم پس کل تولید مرحله ۳ به مرحله ۴ وارد نمی شود پس علامت بزرگتر $\alpha_{34}x_3 \geq \alpha_{44}x_4 \rightarrow$ مساوی است.

محدودیت سوم: حداقل تعاضد حداقل سه نفر $L_1 \leq x_1 - \alpha_{12}x_2 - \alpha_{13}x_3 \leq U_1$

محصول مرحله ۱ به مرحله ۲ و ۳ می رود $L_2 \leq x_2 - \alpha_{23}x_3 \leq U_2$

محصول مرحله ۲ در مرحله ۳ به کار می رود $L_3 \leq x_3 \leq U_3$

مثال از یک سیستم با M مرحله سری و با چند فرآیند تولید در هر مرحله: (نیمسال دوم ۹۱-۹۰) و توضیحات صفحه ۷۳ کتاب

سیستمی را تصور کنید که شامل M مرحله بطور سری و هر مرحله شامل یک امکان تولید مجرد و یک انبار باشد. در هر مرحله J ممکن است منابع تولیدی متعددی مانند ساعات معمولی، ساعات اضافی، احاله کار به خارج و روشهای مختلف در ماشین ها و غیره باشد. X_{jk} را برابر تعداد محصول در مرحله J که به روش k تولید می گردد در نظر بگیرید. پس از معرفی پارامترهای مورد نیاز، مدل برنامه ریزی خطی مسئله (تابع هدف و محدودیت های مربوطه) را بنویسید.

x_{jk} : تعداد محصول در مرحله J که به روش k تولید می گردد

c_{jk} : هزینه متغیر تولید برای هر واحد در مرحله J از روش k استفاده می گردد

a_{jkl} : تعدادی که از منبع نوع l جهت روش J در دسترس است (l=1, 2, ..., L)

a_{jkl} : مقدار منبع l که جهت تولید یک واحد در مرحله J به روش k مصرف می گردد

D: تعداد واحدی که از محصول گهین شده باشد در هر دوره تولید می گردد

Z: کل هزینه تولید در هر دوره



$$Z = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{K_j} c_{jk} x_{jk}$$

منفی است که این تابع \min است چون منبع هزینه است و سعی در حداقل کردن آن این هزینه هستیم. (c_{jk})

$\sum_{j=1}^M$ یعنی مجموع در حالتی که ما از آن M روش تولید داریم.

$\sum_{k=1}^{K_j}$ یعنی مجموع در حالتی که از 1 تا K_j مرحله j که از روش k در تولید استفاده شده باشد.

آنها محدودیت اول، محدودیت منابع در هر مرحله:

$$\sum_{k=1}^{K_j} a_{ljk} x_{jk} \leq b_{lj} \quad (j=1, 2, \dots, M) \text{ و } (l=1, 2, \dots, L_j)$$

یعنی مقدار منبع l که تحت تولید j داده در هر مرحله j توسط روش k مصرف می شود از مقدار منابع در دسترس کمتر است که این یک موضوعی کاملاً واضح است و حاکم این است که کل این منابع مصرف شود و مابقی شود به همین خاطر \leq استفاده شده است.

$$\sum_{k=1}^{K_j} x_{jk} = \sum_{k=1}^{K_{j+1}} x_{j+1, k} \quad (j=1, 2, 3, \dots, M-1)$$

یعنی مقدار موجودی انبار با توجه به ورودی و خروجی در طول دوره، بین مراحل یکسان است و متاد وجود دارد بین مرحله j و مرحله بعدی آن $j+1$

تقاضای محسوس عام شده

$$\sum_{k=1}^{K_M} x_{Mk} = D$$

یعنی عام محسوس بر این است که میزان تولید محسوس x که به روش k در M مرحله تولید می شود جوابگوی میزان تقاضای موجود باشد و رضایت مشتری فراهم آید. $\text{علاصت} = \text{دین} - \text{منفی}$ باشد.



مثال از یک سیستم با M مرحله سری و محصولات متعدد در هر مرحله : (نیمسال دوم ۹۱-۹۰) و توضیحات صفحه ۷۴ کتاب

مدل مسئله قبل را در شرایطی بنویسید که تعداد محصولات بیش از یکی باشد. فرض کنید X_{ijk} تعداد واحد از محصول i باشد که در مرحله j توسط روش $k=1,2,...,K_{ij}$ تولید می گردد و D_j تعداد محصول تکمیل شده مورد نیاز از نوع i باشد. مدل برنامه ریزی مسئله را بنویسید.

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{K_{ij}} C_{ijk} X_{ijk}$$

با توجه به این که در این مثال تعداد محصولات بیشتر از یک است (مثلاً $i=1,2,...,n$) و نوع محصول را با i مشخص کرده و در مدل وارد می کنیم و در تابع هدف $\sum_{i=1}^n$ به مجموع های مشابه اضافه می شود همچنین پارامترهای C_{ijk} و D_j و K_{ij} و X_{ijk} تغییر پیدا می کنند و تعداد محصول به اینگونه در مدل لحاظ می شود. به همین ترتیب محدودیت ها و تعادل موجودی و معادله تقاضا تغییر می کنند.

- محدودیت منابع در هر مرحله: باز هم منابع موجود از مصرف شده بیشتر است برای هر نوع محصول

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{K_{ij}} a_{ijk} X_{ijk} \leq b_j \quad (j=1,2,3,...,M; L=1,2,...,L_j)$$

- تعادل موجودی انبار بین مراحل برای محصولات مستعد

$$\sum_{k=1}^{K_{ij}} X_{ijk} = \sum_{k=1}^{K_{i,j+1}} X_{i,j+1,k} \quad (i=1,2,...,n; j=1,2,...,M-1)$$

- تقاضای محصول تمام شده

$$\sum_{k=1}^{K_{iM}} X_{iMk} = D_i \quad (i=1,2,3,...,n)$$

در اینجا نیز می بینیم که D_i تعریف شده است

یعنی تقاضای برای محصول خاص از محصولات مستعدی که تولید می شود.



مثال از مدل عمومی برنامه ریزی خطی (نیمسال دوم ۹۲-۹۱) سؤال ۱ شرح های سؤال ۳

با توجه به اطلاعات جدول داده شده و اگر هزینه انبارداری جهت انتقال هر واحد کالا از یک دوره به دوره دیگر برابر ۱ واحد پول قراردادی است. سطح موجودی در ابتدای دوره برنامه ریزی ۱۵ واحد کالاست. مسأله را به عنوان یک مدل برنامه ریزی خطی فرموله کنید.

تقاضای مورد انتظار	هزینه تولید هر واحد محصول		ظرفیت بر حسب واحد محصول		پریود
	اضافه کاری	معمولی	اضافه کاری	معمولی	
۶۰	۱۸	۱۴	۲۰	۱۰۰	۱
۸۰	۲۲	۱۷	۱۰	۱۰۰	۲
۱۴۰	۲۲	۱۷	۲۰	۶۰	۳

در این سؤال در روش تولید وجود دارد یعنی ما سه انتخاب روش تولید می باشد. تولید به روش معمولی و تولید به روش اضافه کاری در هر دوره کاری. سه تابع هدف ما به صورت زیر می باشد.

$$Z = \sum_{t=1}^3 (A_{r,t} R_t + A_{o,t} O_t + A_{l,t} L_t) \quad \text{منفی در حالتی که هزینه تولید و ظرفیت تولید در هر روش معمولی و اضافه کاری در هر دوره کاری و در آخر هزینه نگهداری به آن اضافه می شود.}$$

$$\begin{aligned} A_{r,t} &= \text{هزینه تولید در ادوات معمولی} & R_t &= \text{ظرفیت تولید در ادوات معمولی} \\ A_{o,t} &= \text{هزینه تولید در ادوات اضافه کاری} & O_t &= \text{ظرفیت تولید در ادوات اضافه کاری} \\ A_{l,t} &= \text{هزینه نگهداری هر واحد محصول} & L_t &= \text{وجودی انبار} \end{aligned}$$

اما با توجه به جدول P_t : ظرفیت تولید و F_t : تعادلهای پیش بینی شده به صورت زیر می شوند.

$$P_t = R_t + O_t \quad \text{این یعنی ظرفیت تولید در هر دوره t برابر است با ظرفیت تولید در ادوات معمولی + ظرفیت تولید در ادوات اضافه کاری در هر دوره.}$$

$$P_1 = R_1 + O_1 \Rightarrow P_1 = 100 + 20 = 120$$

$$P_2 = R_2 + O_2 \Rightarrow P_2 = 100 + 10 = 110$$

$$P_3 = R_3 + O_3 \Rightarrow P_3 = 60 + 20 = 80$$

از طرف دیگر میزان موجودی انبار در هر دوره برابر است با موجودی از دوره قبل + ظرفیت تولید - میزان تقاضای پیش بینی شده یعنی فرمول زیر:

$$L_t = L_{t-1} + P_t - F_t$$

در صورت نیاز از حل مسئله جدول

$$I_1 = I_0 + P_1 - F_1 \Rightarrow 15 + 120 - 60 = 75$$

$$I_2 = I_1 + P_2 - F_2 \Rightarrow 75 + 110 - 80 = 105$$

$$I_3 = I_2 + P_3 - F_3 \Rightarrow 105 + 80 - 140 = 45$$

در نتیجه:

هزینه و ظرفیت تولید ۳ دوره در زمان اضافی
هزینه و ظرفیت تولید ۳ دوره در زمان معمولی

$$Z = [(A_{r,1} R_1) + (A_{r,2} R_2) + (A_{r,3} R_3)] + [(A_{o,1} O_1) + (A_{o,2} O_2) + (A_{o,3} O_3)] + [(A_{I,1} I_1) + (A_{I,2} I_2) + (A_{I,3} I_3)] = [100(14) + 100(7) + 60(17)] + [20(18) + 10(22) + 40(23)] + [15(15) + 105(16) + 45(18)] = 5375$$

هزینه انبارداری در زمان معمولی و انبار در سه دوره

$$20(22) + [75(1) + 105(1) + 45(1)] = 5375$$

مثال بعدی از مدل عمومی برنامه ریزی خطی (تابستان ۹۰)

در مسئله برنامه ریزی تولید ۴ دوره ای زیر فقط هزینه های تولید و نگهداری مطرح هستند. موجودی آغازی ۵ واحد محصول است. کسری کالا مجاز نیست. هزینه نگهداری هر واحد محصول در یک دوره برابر یک واحد پول قراردادی است. برنامه ریزی تولید بهینه را ارائه دهید

	دوره ۱	دوره ۲	دوره ۳	دوره ۴
ظرفیت اوقات معمولی (واحد محصول)	۱۰۰	۱۰۰	۶۰	۱۰۰
ظرفیت اوقات اضافه کاری (واحد محصول)	۲۰	۲۰	۱۰	۱۰
ظرفیت قرارداد جانبی (واحد محصول)	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰
هزینه هر واحد اوقات معمولی (واحد پول قراردادی)	۱۵	۱۶	۱۸	۲۰
هزینه هر واحد اوقات اضافه کاری (واحد پول قراردادی)	۱۷	۱۹	۲۱	۲۴
هزینه هر واحد قرارداد جانبی (واحد پول قراردادی)	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳
تقاضا (واحد محصول)	۹۰	۱۱۰	۱۰۰	۱۱۵

این مسئله هم به همان شکل است تفاوت آن وجود هزینه دیگری به نام هزینه قرارداد جانبی است. پارامترها به صورت زیر تعریف می شوند مثل مثال قبل:

P_t : ظرفیت تولید
 F_t : تقاضای پیش بینی شده
 I_t : موجودی انبار
 $A_{I,t}$: هزینه نگهداری هر واحد محصول
 $A_{r,t}$: هزینه تولید در اوقات معمولی
 R_t : ظرفیت تولید در اوقات اضافه کاری

C_t = طرفیت تولید در قسار داد جنبی

Q_t = طرفیت تولید در ادوات اضافه کاری

$A_{C,t}$ = هزینه تولید در قسار داد جنبی

$A_{O,t}$ = هزینه تولید در ادوات اضافه کاری

و اما در این مثال در صورت مسئله صحبت از کسری کان دهه نه هردا کسری کان شده است پس در پارامتر

$P_t, R_t, O_t, F_t, I_t \geq 0$

نیز به عنوان اضافه می شود.

همه پارامترها مثبت هستند

$A_{S,t}$ = هزینه هردا کسری

S_t = میزان کسری در پایان دوره

در نتیجه تابع هدف به صورت زیر فرموله می شود البته بدون مجاز بودن کسری کان

$$Z = \sum_{t=1}^T (A_{R,t} R_t + A_{O,t} O_t + \underbrace{A_{C,t} C_t}_{\text{تولید داد جنبی}} + A_{I,t} I_t)$$

$$P_t = R_t + O_t$$

P_t من مثال بین می آید.

$$P_1 = R_1 + O_1 \Rightarrow P_1 = 100 + 20 = 120$$

$$P_2 = R_2 + O_2 \Rightarrow P_2 = 100 + 20 = 120$$

$$P_3 = R_3 + O_3 \Rightarrow P_3 = 70 + 10 = 80$$

$$P_4 = R_4 + O_4 \Rightarrow P_4 = 100 + 10 = 110$$

اما در مثال قبل I_t از مجموع موجودی دوره قبل + طرفیت تولید دوره + میزان تقاضا محاسب می شد

اما در اینجا به طرفیت تولید دوره، طرفیت هردا داد جنبی یعنی C_t را هم اضافه می کنیم.

$$I_t = I_{t-1} + P_t + \underline{C_t} - F_t$$

جمله اول موجودی دوره قبل
جمله دوم تولید دوره
جمله سوم تولید داد جنبی
جمله چهارم فروش

در نتیجه:

$$I_1 = I_0 + P_1 + C_1 - F_1 \Rightarrow I_1 = 5 + 120 + 20 - 90 = 55$$

$$I_2 = I_1 + P_2 + C_2 - F_2 \Rightarrow I_2 = 55 + 120 + 20 - 110 = 125$$

$$I_3 = I_2 + P_3 + C_3 - F_3 \Rightarrow I_3 = 125 + 80 + 10 - 100 = 115$$

$$I_4 = I_3 + P_4 + C_4 - F_4 \Rightarrow I_4 = 115 + 110 + 20 - 150 = 95$$

$$Z = (A_{r,1} R_1) + (A_{r,2} R_2) + (A_{r,3} R_3) + (A_{r,4} R_4) + (A_{o,1} O_1) + (A_{o,2} O_2) + (A_{o,3} O_3) + (A_{o,4} O_4) + (A_{c,1} C_1) + (A_{c,2} C_2) + (A_{c,3} C_3) + (A_{c,4} C_4) + (A_{I,1} I_1) + (A_{I,2} I_2) + (A_{I,3} I_3) + (A_{I,4} I_4)$$

اضافه ترشیت به مثال قبلی. مربوط به سه بار دار بخشی

$$\Rightarrow Z = [1 \cdot (15) + 1 \cdot (16) + 2 \cdot (18) + 1 \cdot (20)] + [2 \cdot (17) + 2 \cdot (19) + 1 \cdot (21) + 1 \cdot (24)] + [4 \cdot (20) + 4 \cdot (21) + 4 \cdot (22) + 4 \cdot (23)] + [75(1) + 25(1) + 135(1) + 17 \cdot (1)] = 11295$$



ادامه مسأله: اگر گسری کالا مجاز بوده و هزینه جبران آن ۲/۲ واحد پول قراردادی برای هر واحد محصول در یک دوره باشد. برنامه ریزی تولید بهینه جدید چه خواهد بود؟ تصور کنید در پایان دوره هیچگونه سفارش عقب افتاده نداریم

یعنی باید پارامترهای S_t و $A_{S,t}$ را هم در مدل جدید منظور کنیم در نتیجه Z به صورت زیر تغییر می کند.

$$Z = \sum_{t=1}^T (A_{r,t} R_t + A_{o,t} O_t + A_{c,t} C_t + A_{I,t} I_t + A_{S,t} S_t)$$

$$P_t = R_t + O_t$$

درست همانند مرحله قبل

اما در پارامتر I_t با S_t را از میزان موجودی فعلی و موجودی دوره قبل کم کنیم یعنی به شکل زیر فرموله کنیم تا این کمبود را محسوس کنیم.

$$I_t - S_t = I_{t-1} - S_{t-1} + P_t + C_t - F_t$$

در آخر تمام متغیرها باید مثبت باشند البته S_t اضافه شده است:

$$P_t, R_t, O_t, F_t, I_t, S_t \geq 0$$

مثال برش: (صفحه ۶۸ کتاب)

دانشجویان عزیز در امتحانات ترم های قبل از مبحث برش سوالی داده نشده است اما جهت احتیاط مثال ۵ صفحه ۶۸ کتاب مطالعه شود.