

فصل دوم

مقدمه‌ای بر برنامه‌ریزی و کنترل تولید و موجودی‌ها

- مقدمه
- تعریف موجودی
- محل‌های ذخیره و موجودی
- ساختار سیستم‌های کنترل موجودی
- حالت سیستم موجودی
- هدف نگهداری موجودی‌ها
- هزینه‌ها
- وضعیت تقاضا
- خطی‌مشی موجودی
- طبقه‌بندی ارزشی اجناس بوسیله آنالیز ABC
- نمودارهای موجودی در مقابل زمان
- مسائل حل شده

۲-۱ مقدمه

نگهداری و کنترل موجودی‌ها که بصورت کالاهای فیزیکی هستند مشکل عمومی تمامی شرکت‌ها در هر بخش از اقتصاد می‌باشد. مثلاً در زراعت، صنعت، موسسات کوچک و ارتش باید موجودی نگهداری شود. به طور کلی ایجاد موجودی‌ها یکی از اثرات جنبی جریان مواد در پویش تولید است. هیچ سازمان تولیدی نمی‌تواند بطور کامل بدون موجودی وجود داشته باشد. در انتهای سال ۱۹۶۷ میلادی ارزش کل موجودی‌ها در صنایع ساخت انگلستان برابر ۶۴۴۸۴ میلیون پوند بوده است. از این مقدار حدود ۲۲۴۸ میلیون پوند موجودی‌های مواد اولیه و سوخت، ۲۴۴۴ میلیون پوند موجودی‌های مواد نیم‌ساخته و ۱۷۹۲ میلیون پوند موجودی‌های کالای ساخته شده بوده است.

موجودی‌ها نیاز به سرمایه دارند، غیرعادی نخواهد بود اگر در شرکتی مقدار سرمایه درگیر در موجودی‌ها برابر ۲۵ درصد کل سرمایه‌گذاری‌های آن باشد. برای مثال در جدول (۲-۱) مقدار سرمایه درگیر در موجودی‌ها به صورت درصدی از کل دارائی‌ها برای چند شرکت مختلف آمریکائی آورده شده است. در بین این شرکت‌ها حداقل سرمایه درگیر برابر ۱۱ درصد و حداکثر برابر ۵۸ درصد کل دارائی‌ها است.

جدول (۲-۱) موجودی‌ها در رابطه با کل دارائی‌ها در چند شرکت مختلف

نام شرکت	تاریخ (میلادی)	کل دارائی‌ها (دلار)	موجودی‌ها (دلار)	موجودی برحسب درصدی از دارائی‌ها
Abbott Laboratories	۳۱/۱۲/۱۹۶۵	۲۲۳۶۶۰۰۰	۴۲۱۴۸۰۰۰	۱۹
Interstate Bakeries	۰۱/۰۱/۱۹۶۶	۳۱۰۳۷۹۷۰	۳۵۰۳۶۱۳	۱۱
Alied Supermarkets	۲۴/۰۶/۱۹۶۷	۹۳۳۷۷۳۱۸	۴۲۰۴۸۷۹۵	۴۵
American Airlines	۳۱/۱۲/۱۹۶۶	۱۰۸۲۱۲۰۰۱۱	۲۴۶۷۰۲۷۰	۲۳
Pillsbury Mills	۳۱/۱۲/۱۹۶۷	۱۲۳۷۸۴۵۱۳	۷۰۶۰۴۶۳۱	۵۸

دلایل بسیاری دال بر نگهداری موجودی از سوی سازمان‌ها برای کالاهایشان وجود دارد. دلیل اساسی این امر این است که از لحاظ فیزیکی یا اقتصادی مناسب نیست که دستور ورود کالا دقیقاً زمانی که تقاضای آن می‌رسد صادر شود. بدون موجودی مشتریان باید صبر کنند تا سفارش‌هایشان از یک منبع برسد یا تولید گردد. به طور کلی مشتریان نمی‌خواهند یا نمی‌توانند برای مدت طولانی صبر کنند. تنها همین دلیل کافی است که ضرورت داشتن موجودی را برای بیشتر سازمان‌هایی که کالاهای فیزیکی به مشتریان تحویل می‌دهند، نشان دهد. با وجود این، دلایل دیگری برای نگهداری موجودی‌ها قابل ارائه است، مثلاً قیمت بعضی از مواد اولیه‌ای که به وسیله یک تولیدکننده مورد استفاده قرار می‌گیرد، ممکن است تغییرات فصلی قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. موقعی که قیمت پایین است، برای این تولیدکننده سودآور است که در مقابل قیمت بالای فصلی به مقدار کافی از این مواد بخرد و آن را در انبار نگهدارد تا در موقع لزوم در تولید به کار گیرد. از سوی دیگر، نگهداری موجودی‌ها مستلزم هزینه‌هایی است که بواسطه استفاده از انبار و تاسیسات، درگیری سرمایه، بیمه و غیره ناشی می‌شوند. در پویش تولید نگهداری موجودی بواسطه تغییرات تقاضا (چه این تغییر معلوم باشد مانند تقاضای فصلی و چه به صورت تصادفی باشد)، نیاز به تولید مداوم، تولید دسته‌ای، و مواقعی که کارخانه در فاصله زیادی از مواد اولیه یا بازار قرار دارد امری ضروری است.

ضرورت ایجاد می‌کند که توجه ویژه‌ای به این موجودی‌ها معطوف گردد. نظارت در نگهداری سطح موجودی‌ها در یک سطح اقتصادی به منظور کارآئی موثر پویش تولید "کنترل موجودی‌ها" نام دارد. چون کنترل موجودی با کنترل تولید رابطه بسیار نزدیکی دارد، معمولاً کنترل موجودی‌ها خود قسمتی از عملکرد کنترل تولید محسوب می‌شود. به همین علت، بایستی توجه نمود که کنترل موجودی رابطه نزدیکی نیز با قسمت مالی دارد.

در این فصل پس از تعریف موجودی‌ها و هزینه‌های مرتبط با آن‌ها، انواع خط‌مشی موجودی را مورد بحث قرار می‌دهیم. پس از آن ضمن ارائه نمودارهای موجودی و زمان، روش‌های کمی برای محاسبه میانگین سطح موجودی مطرح می‌شود.

۲-۲ تعریف موجودی

تعریف موجودی - منظور از موجودی مقداری از کالاها یا مواد تحت کنترل موسسه هستند که برای مدتی به منظور فروش یا مصرف، در یک حالت نسبتاً راکد یا غیرتولیدی نگهداری می‌شوند. باتوجه به این تعریف وجود موجودی نشانه سکونی موقت بین دو فعالیت موسوم به جریان‌های تدارک و تقاضا است. معمولاً، جریان تدارک مقدم بوده و کالا را به صورت موجودی انباشته می‌کند، حال آنکه جریان تقاضا موخر بوده و همان موجودی را تخلیه می‌نماید (کالاهاى برگشتی به انبار یک حالت استثنایی است).

برای روشن شدن موضوع مناسب است ضمن ارائه مثالی اقلامی از موجودی‌های یک واحد صنعتی با مفهومی که در برنامه‌ریزی تولید و کنترل موجودی موردنظر است نام برده شود، همچنین اقلامی از دارایی‌های یک واحد صنعتی که در این مفهوم جزء موجودی‌ها محسوب نمی‌شوند ذکر گردد، تا برای خوانندگان امکان تفکیک مسیر باشد. به عنوان مثال یک کارخانه سازنده یک وسیله خانگی، نظیر کولرهای آبی درنظر گرفته می‌شود و موجودی‌های این کارخانه به مفهوم موردنظر ما، در بخش‌های مرتبط با تولید، فروش و اداره صنعت نام برده می‌شوند:

الف - در بخش تولید

- اجناس و مواد و مصالح نظیر ورق‌های فولاد برای ساخت بدنه، رنگ برای رنگ‌آمیزی بدنه، و ...
- قطعات، نظیر موتورهای الکتریکی، تسمه پروانه‌ها، پمپ آب، و ...
- محصولات نیمه‌ساخته شده‌ای که در مسیر خط تولید در کارخانه انباشته شده‌اند، مانند قسمت‌های مختلف بدنه که پس از پرسکاری جهت جوشکاری در جلوی کارگاه جوشکاری انباشته شده‌اند.
- کارتن‌ها، برچسب‌ها، تسمه‌های فلزی که در بسته‌بندی نهایی محصول مصرف می‌شوند.
- و ...

ب- در بخش فروش

- محصولات ساخته شده و آماده فروش که در این مثال عبارت است از کولرهای ساخته شده و بسته‌بندی شده‌اند، و در انبار محصولات ساخته شده نگهداری می‌شوند. این محصولات بنا بر تعریف، توسط قسمت فروش مصرف خواهند شد.
- و

ج- در بخش اداره صنعت

- قطعات یدکی ماشین‌آلات، شامل قطعاتی که روی ماشین‌آلات و ابزار تولیدی (و نه روی محصول کارخانه) مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- مواد مصرفی ماشین‌آلات نظیر روغن، گریس که مورد مصرف ماشین‌های خط تولید است.
- مواد سوخت نظیر گازوئیل و گاز مایع (در صورتیکه در منابع کارخانه ذخیره شده باشند و نه در صورتی که از طریق شبکه لوله‌کشی شهری به کارخانه مرتبط باشند).
- مواد شیمیایی مورد استفاده در تصفیه خانه آب و نظایر آن‌ها.
- مواد مصرفی دفتری، نظیر کاغذ، نوشت‌افزار، فرم‌های چاپ شده.
- و ...

بخشی از دارائیهای این کارخانه که جزء موجودی‌ها (به مفهوم موردنظر در اینجا) محسوب نمی‌شوند عبارتند از:

- ۱- ساختمان‌ها و زمین کارخانه
- ۲- ماشین‌آلات خط تولید
- ۳- مبلمان و وسایل دفتری
- ۴- دارائیهای نقدی و اسناد و مدارک مربوط به امور مالی
- ۵- و ...

به طور کلی می‌توان گفت، در یک سازمان تولیدی موجودی‌ها به صورت مواد اولیه و قطعات خریداری شده، کالاهای نیم ساخته و کالای ساخته شده هستند. در تعمیرات خدمات به صورت قطعات یدکی و یا مواد خریداری شده، و در خرده فروشی‌ها به صورت کالای خریداری شده هستند.

سوال- آیا تعریف موجودی شامل مواد نفتی در خط لوله و به طور کلی مواد موجود در خط لوله است؟

پاسخ: تعریف موجودی شامل موجودی‌های خط لوله نیست. خارج کردن این کالاها از تعریف موجودی به این علت است که این کالاها در حالیکه در خطوط لوله هستند برای برآورده نمودن تقاضا آماده نیستند. موقعی این کالاها به صورت موجودی درمی‌آیند که واقعاً به حالت راکد درآیند، و موجودی‌های خطوط لوله این حالت را ندارند.

انواع موجودی را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

۱. **مواد اولیه^۱:** موادی که مستقیماً از بیرون سازمان خریداری می‌شوند و قرار است عملیاتی روی آن انجام گیرد. مواد اولیه در این گروه‌بندی نباید با مواد خام اشتباه شود (مواد خام به آن دسته از مواد اطلاق می‌شود که مستقیماً از طبیعت برداشت شده‌اند و تغییرات فیزیکی یا شیمیایی قابل توجهی بر روی آن‌ها صورت نگرفته است).
- برای مثال، موادی نظیر سنگ آهن، بوکسیت، نفت خام یا غلات و میوه‌ها جزء مواد خام محسوب می‌شوند. در مقابل، مواد اولیه یک کارخانه آن دسته از مواد و مصالح هستند که در کارخانه موردنظر هنوز هیچگونه کاری بر روی آن‌ها انجام نگرفته است. به عنوان مثال در یک کارخانه

^۱ . Raw Material

سازنده نان ماشینی، آرد جزء مواد اولیه است. در صورتیکه در یک کارخانه تهیه آرد، گندم و جو جزء مواد اولیه هستند و آرد عبارت از محصول نهایی می‌باشد.

۲. **کالای نیمه‌ساخته^۱**: به موجودی‌هایی گفته می‌شود که در مراحل مختلف در مسیر خط تولید قرار گرفته‌اند و هنوز عملیات تولیدی روی آن‌ها به اتمام نرسیده است. بنابراین یا در حال حاضر کار ساخت بر روی آن‌ها ادامه دارد یا در بین ماشین‌های تولید و کارگاه‌ها انباشته شده‌اند تا در زمان مناسب عملیات لازم بر روی آن‌ها ادامه یابد. به عنوان مثال، در یک کارخانه تولید لباس ممکن است مقداری پارچه از مرحله برش گذشته باشد و در جلوی ماشین دوخت منتظر عملیات دوخت باشد.

به طور کلی، هر نوع مواد، مصالح و قطعاتی که وارد خط تولید شده و هنوز به صورت تمام شده به انبار تحویل نگردیده باشد، جزء این گروه از موجودی‌ها دسته‌بندی می‌شود.

۳. **قطعات مربوط به تولید یا زیرمونتازها^۲**: قطعاتی هستند که بر روی آن‌ها کلیه عملیات ساخت انجام شده و هم‌اکنون بصورت یک قطعه کامل آماده مونتاژ شدن بر محصول نهایی هستند. ممکن است قطعات مربوط به تولید توسط خود کارخانه سازنده محصول نهایی ساخته شده و در انبار ذخیره شده باشد. همچنین در اکثر موارد قطعات مربوط به تولید توسط سایر سازندگان ساخته شده و به کارخانه فروخته می‌شوند. مانند کارخانجات خودروسازی.

۴. **ملزومات یا مواد غیرمستقیم^۳**: کالاهایی که برای انجام تولید یا امور جانبی تولید استفاده می‌شوند و مستقیماً در محصول نهایی وجود ندارند، مانند لوازم التحریر. و یا در مثال کارخانه سازنده کولرهای آبی و در کارگاه پرسکاری، انواع روغن‌های هیدرولیک.

۵. **محصول نهایی^۴**: محصولات تمام شده و آماده فروش، آنهایی هستند که کلیه عملیات تولیدی، کنترل کیفیت و بسته‌بندی بر روی آن‌ها انجام گرفته و به انبار تحویل شده‌اند. این محصولات ممکن است بنا به سفارش مشتری به مقدار معین تولید شده باشند، ولی هنوز به مشتری تحویل نشده باشند. همچنین ممکن است براساس پیش‌بینی‌های بخش فروش، محصولات آماده شده و تدریجاً به بازار تحویل شوند.

لازم به ذکر است که، سازمان‌ها ممکن است تمامی موجودی‌های فوق را نداشته باشند. مثلاً یک سازمان خدماتی ممکن است فقط ملزومات داشته باشد.

۳-۲ محل‌های ذخیره و موجودی

در هر موسسه، موجودی فیزیکی از تعداد واحدهای موجودی یا اقلام تشکیل شده است. یک واحد موجودی قلمی از مواد است که کاملاً بوسیله نوع، اندازه، رنگ، مکان، و غیره مشخص شده است. دو شیء فیزیکی زمانی دو قلم یکسان محسوب می‌شوند که از هر نظر بتوانند با یکدیگر قابل تعویض (جانشین شدن) باشند. دو کفش هم مدل در دو اندازه مختلف دو قلم جداگانه بحساب می‌آیند. یک شرکت صابون-ساز بسته‌های صابون هم نوع و هم اندازه را در دو انبار متمایز از هم باید به عنوان دو قلم جداگانه در نظر

^۱ . WIP- Work In Process

^۲ . Production parts

^۳ . Indirect Material

^۴ . Finished Goods

بگیرد، چون این دو قلم مستقیماً با هم قابل جانشینی نیستند. یک واحد موجودی (قلم) در یک محل ذخیره نگهداری می‌شود. بطور نمونه یک انبار، دارای چند محل ذخیره برای هر قلم است. معمولاً هر کارخانه سازنده دارای تعدادی محل‌های ذخیره است که در آن‌ها مواد اولیه، نیمه ساخته و اقلام ساخته شده نگهداری می‌شوند. مواد از یک محل ذخیره به محل دیگر بوسیله عملیات انتقال می‌یابند. هر عمل یک واحد موجودی را به واحد موجودی دیگری تبدیل می‌کند. این تبدیل یا بوسیله تغییر فیزیکی قلم (مانند ماشین‌کاری)، یا بوسیله مونتاژ آن با واحدهای دیگر (مانند یک خط مونتاژ)، و یا بوسیله انتقال آن (مانند انتقال از انبار کارخانه به انبار ناحیه) انجام می‌گیرد.

تا آنجا که مربوط به موجودی‌ها می‌شود، یک سازمان را، هرچه که باشد، می‌توان مشتمل از تعدادی محل‌های ذخیره و تعدادی عملیات، به اضافه یک سیستم کنترل در نظر گرفت. هر محل ذخیره بوسیله یک یا چند عمل تغذیه می‌شوند و بوسیله عملیات دیگر تخلیه (مصرف) می‌گردد، و بالاخره در آخرین محل ذخیره عمل تخلیه (مصرف) بوسیله تقاضای مشتری برای کالای ساخته شده انجام می‌گیرد. در اصل، می‌توان نموداری ساخت که جریان مواد را از منابع مواد اولیه و از میان محل‌های ذخیره میانی تا مشتری‌ها نشان دهد. به جز در مواد نادر، این جریان پایدار نیست، عملیات بطور مداوم از تغذیه یک محل ذخیره به تغذیه محل ذخیره دیگری می‌پردازند (برگردانده می‌شوند)، یا نرخ جریان از میان آن‌ها افزایش یا کاهش یافته، یا قطع می‌شود. سیستم کنترل، سطح موجودی‌ها را در محل‌های مختلف ذخیره، با نظارت بر نرخ و جهت جریان از بین عملیات، اداره می‌کند. موجودی‌ها نیز به نوبه خود سبب می‌شوند که هر عمل بطور موثر انجام گیرد و سیستم تولید توزیع به عنوان یک مجموعه کلی بطور یکنواخت عمل نموده و خدمت کافی را به مشتری‌های کالای ساخته شده بدهد.

۴-۲ ساختار سیستم‌های کنترل موجودی

هر یک از بخش‌ها و مدیریت‌های یک واحد صنعتی ممکن است بنا به اهداف و شرایط خاص بخش تحت نظارت خودشان دیدگاه‌های متفاوتی در خصوص سیاست‌های سفارشات و ذخیره موجودی داشته باشند.

قسمت فروش و بازاریابی در یک سازمان صنعتی ترجیح می‌دهد که انبار فرآورده‌های نهایی همواره پر باشد تا به محض دریافت سفارشات، امکان تحویل سریع به مشتری برای سازمان فراهم باشد. در مقابل، امور مالی، برنامه‌ریزی بودجه و حسابداری با توجه به محدودیت‌های حاکم بر سازمان، تمایا به پایین بودن حجم موجودی دارند.

بخش‌های تولیدی کارخانه متقابلاً ترجیح می‌دهند که موجودی‌ها در انبار مواد اولیه و قطعات در حجم زیاد نگهداری شود و سفارشات ساخت هر محصول در حجم زیاد به بخش تولید برسد تا مرتباً نیاز به تعویض فرآیند تولید و آماده‌سازی و تنظیم ماشین‌آلات جهت محصولات مختلف نباشد. به همین صورت قسمت‌های تولید، وجود مقادیر زیادی از قطعات و مواد نیمه‌تمام را بین کارگاه‌ها و مراحل مختلف تولید ترجیح می‌دهند تا در صورت قطع تولید در یک کارگاه و یا در یک مرحله تولید، قسمت‌های بعدی با رکود مواجه نشوند.

بخش خرید و تدارکات کارخانه اگر کالا و قطعات را در حجم زیادتری تهیه کند، از تخفیف‌های بیشتری برخوردار می‌شود و زحمات سفارش‌دهی و حمل و نقل کمتری را در طول سال متحمل خواهد شد. بنابراین بخش خرید و تدارکات همواره مایل به خرید کالا در مقادیر زیادتر می‌باشد. انبارهای کارخانه به علت کمبود فضا، مشکل حمل و نقل و احتمال خرابی و فساد کالاها، علاقمند به نگهداری کالا در حجم زیاد نیستند.

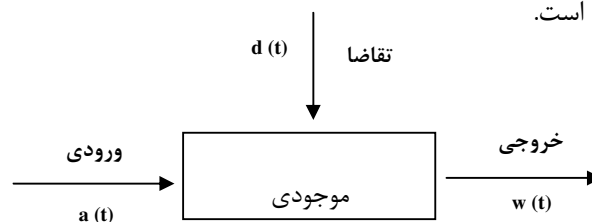
در این میان نقش بخش برنامه‌ریزی و کنترل تولید و موجودی‌ها، تعیین سیاست و روش‌های مناسب و اقتصادی در سفارش و ذخیره کالا در واحد صنعتی است، به نحوی که در چارچوب محدودیت‌های مالی، فضا و تکنولوژیکی، سیاست‌های اتخاذ شده در مجموع به نفع کل اقتصاد سازمان باشد. در جدول ۲-۲ رابطه موجودی با بخش‌های مختلف سازمان بطور خلاصه آمده است.

جدول (۲-۲) رابطه موجودی با بخش‌های مختلف یک سازمان

واحد فروش	واحد تولید	واحد مالی	واحد انبار	واحد خرید	وضعیت مطلوب
موجودی زیاد	موجودی زیاد	موجودی کم	موجودی کم	موجودی زیاد	
۱. جلب رضایت مشتری ۲. از دست ندادن مشتری	عدم توقف تولید	عدم رکود سرمایه	۱. ضایعات کمتر ۲. کار کمتر ۳. نگهداری آسانتر	۱. ریسک کمتر ۲. کار کمتر ۳. تخفیف	دلبستگی

۲-۵ حالت سیستم موجودی

سطح موجودی یک قلم را می‌توان به صورت سیستمی که تحت تاثیر دو جریان ورودی و خروجی است در نظر گرفت (شکل ۲-۱). فرض کنید که $a(t)$ نرخ اضافه شدن مواد به موجودی و $w(t)$ نرخ خروجی مواد از موجودی در زمان t باشد. معمولاً فرض می‌کنیم، مواد خروجی به منظور برآورده نمودن تقاضایی برونی، با نرخ $d(t)$ است که خارج از کنترل موسسه است. در واقع، ممکن است توسط قیمت‌گذاری یا آگهی‌ها، تقاضا را تحت تاثیر قرار داد، یا ممکن است تقاضا ناشی از پویش تولید در خود موسسه باشد. حالت اخیر را تقاضای درونی گوئیم و آنرا بعداً مورد بررسی قرار خواهیم داد، ولی در حال حاضر فرض می‌کنیم که $d(t)$ یک متغیر قابل کنترل نیست. واضح است که نرخ خروجی مواد برابر با نرخ تقاضا است، مگر آنکه موجودی مواد به صفر رسیده باشد که در آن صورت می‌گوئیم حالت کمبود موجودی (Out of Stock or Stock out) رخ داده است.



شکل ۲-۱ یک سیستم موجودی

حالت موجودی را می‌توان بوسیله متغیرهای زیر نشان داد:

$I(t)$: سطح موجودی در دست در زمان t ،

$b(t)$: مقدار تقاضای پس افت در زمان t (تقاضایی که تا زمان t برآورده نشده و بالاخره بعد از t با تاخیر برآورده خواهد شد)،

$O(t)$: مقدار مواد در سفارش در زمان t ،

$NS^1(t)$: موجودی خالص در زمان t ،

$Y^2(t)$: موقعیت موجودی در زمان t .

موجودی در دست مقداری از مواد است که بطور واقعی در یک زمان مشخص به صورت موجودی در انبار نگهداری می‌شود. وقتی که کمبود موجودی وجود دارد، یعنی $I(t) = 0$ ، هرگونه تقاضایی که برسد جزو کمبود بحساب خواهد آمد. تقاضاهایی که با کمبود موجودی روبرو می‌شوند ممکن است با هم جمع شوند تا به محض اینکه مواد کافی از منبع تهیه مواد دریافت گردید آنها را برآورده سازد، که به آن حالت "تقاضای پس افت"^۳ (وابسته به زمان) می‌گوییم و یا ممکن است کمبود موجودی سبب شود که مشتری برای برآوردن احتیاجات خود به جای دیگری مراجعه کند، که در این صورت به آن حالت "فروش از دست"^۴ (مستقل از زمان) رفته می‌گوییم. مقدار موجودی خالص عبارت است از مقدار موجودی در دست منهای تقاضای پس‌افت، بنابراین:

$$NS(t) = I(t) - b(t) \quad (2-1)$$

توجه کنید که $I(t)$ یا $b(t)$ و یا هر دو ممکن است در آن واحد صفر باشند. لازم بذکر است که همواره حاصلضرب موجودی در دست در زمان t در کمبود در زمان t برابر صفر است، یعنی $I(t) * b(t) = 0$. به علت وجود "مدت تحویل"، یعنی فاصله زمانی از موقع دادن سفارش برای تهیه مواد تا رسیدن آن به موسسه، ممکن است برخی از مواد سفارش داده شده هنوز در موسسه دریافت نشده باشند. این امر بایستی در ارزیابی حالت سیستم موجودی در نظر گرفته شود. از اینرو موجودی خالص به اضافه مقدار مواد در سفارش، $O(t)$ ، را موقعیت موجودی می‌نامیم:

$$Y(t) = NS(t) + O(t) = I(t) - b(t) + O(t) \quad (2-2)$$

از آنجایی که $O(t)$ ، همواره بزرگتر یا مساوی صفر است، نامعادله $Y(t) \geq NS(t)$ همواره برقرار است. این متغیرهای سیستم موجودی را می‌توان برحسب نرخ‌های ورودی، خروجی، و تقاضا بیان نمود. در صورت تقاضای پس‌افت:

$$NS(t) = NS(0) + \int_0^t [a(u) - d(u)] du \quad (2-3)$$

که در آن $NS(0)$ موجودی خالص در زمان صفر است. بعلاوه:

$$I(t) = \max [0, NS(t)] \quad (2-4)$$

$$b(t) = \max [0, -NS(t)] \quad (2-5)$$

و

$$w(t) = \begin{cases} d(t) & , NS(t) > 0 \text{ اگر} \\ 0 & , NS(t) = 0 \text{ اگر} \\ a(t) & , NS(t) < 0 \text{ اگر} \end{cases} \quad (2-6)$$

در حالت فروش از دست رفته،

¹ . Net Stock

² . Inventory Position

³ . Back order

⁴ . Lost Sales

$$b(t) = 0 \quad (2-7)$$

$$NS(t) = I(t) = I(0) + \int_0^t [a(u) - w(u)] du \quad (2-8)$$

که در آن $w(t)$ ، اگر $NS(t) > 0$ باشد برابر است با $d(t)$ و اگر $NS(t) = 0$ باشد برابر صفر است. مساله اصلی در هر سیستم موجودی تعیین خط مشی سفارش دهی است، یعنی چه موقع سفارش داده شود و مقدار سفارش چقدر باشد. این خط مشی بر تابع ورودی، $a(u)$ ، تاثیر می گذارد. تابع ورودی نیز به نوبه خود بر متغیرهای موجودی و کمبود موجودی که در بالا تعریف شدند تاثیر خواهد گذاشت.

۵-۲ هدف نگهداری موجودی ها

الف- موجودی کالای ساخته شده،

اهداف و فواید این موجودی ها عبارتند از:

(۱) مقابله با تغییرات تقاضا:

اگر تقاضا برای محصولی یکنواخت و معلوم باشد، آنوقت می توان نرخ تولید محصول را برابر نرخ تقاضا گرفت. در این صورت ممکن است نیازی به نگهداری موجودی نباشد. ولی اگر تقاضا در طی زمان تغییر نماید، چه این تغییر معلوم و چه تصادفی باشد، آنوقت می توان از موجودی کالای ساخته شده، برای جذب این تغییرات استفاده نمود.

(۲) برآوردن سریع تقاضای مشتری:

نگهداری موجودی کالای ساخته شده، موسسه را قادر می سازد به محض درخواست مشتری یا مدت کوتاهی بعد از آن محصول به مشتری تحویل داده شود. به عبارت دیگر موجودی کالای ساخته شده بخش بازاریابی را مطمئن می سازد که مدت تحویل کالا به مشتری خیلی کمتر از مدت زمان ساخت و یا تهیه آن است.

(۳) مقابله با تغییرات و یا توقف تولید:

اغلب بواسطه تاخیر در رسیدن مواد اولیه، یا خرابی دستگاه، یا به علل دیگر مقدار تولید کاهش یافته و یا برای مدتی متوقف می شود. موجودی کالای ساخته شده سبب می شود که، از تاثیر این حوادث بر عرضه کالا به مشتری جلوگیری نمود و یا تاثیر آنها را به تعویق انداخت.

(۴) نرخ تولید:

در مواقعی که تقاضا دارای تغییرات زیاد یا فصلی است، می توان بوسیله نگهداری موجودی کالای ساخته شده، تولید را در نرخ ثابتی ادامه داد و در نتیجه از تغییر نیروی انسانی نیز جلوگیری و بعلاوه از ظرفیت وسایل تولید بطور موثر استفاده نمود.

ب- موجودی کالای نیمه ساخته،

فواید این موجودی ها عبارتند از:

(۱) جدا کردن مراحل مختلف تولید از هم بطوریکه نقص یا ازکار افتادن هر مرحله از پویش تولید موجب خوابیدن مراحل بعدی آن نشود. بعلاوه مقدار کمی از موجودی کالای نیمه ساخته از شدت تغییرات نرخ خروجی مراحل تولید مجاور می‌کاهد.

(۲) نگهداری مقدار بیشتری از این موجودی سبب می‌شود که نرخ تولید و تا حدی نیروی انسانی ثابت باشد. بطور مثال اگر دو ماشین مجاور در پویش تولید دارای ظرفیت‌های مختلف باشند، آنوقت تدارک این نوع موجودی‌ها در بین ماشین‌ها و اضافه کار یا نوبت دوم برای ماشین با ظرفیت کمتر باعث ثابت بودن نیروی انسانی و نرخ تولید می‌شود. درغیراینصورت توقف ماشین سریع‌تر حتمی خواهد بود.

ج- موجودی مواد اولیه و اقلام خریداری شده،

اهداف این موجودی‌ها عبارتند از:

(۱) استفاده از تخفیف‌های تجاری در صورت خرید مواد در مقادیر زیاد. بعلاوه خرید بیشتر از مواد در مواقعی که قرار است در آینده قیمت مواد افزایش یابد.

(۲) جلوگیری از توقف تولید به علت در دسترس نبودن مواد اولیه در صورت نیاز، تاخیر در رسیدن مواد که ممکن است ناشی از مشکلات حمل و نقل و یا اختلالات تولیدی در موسسه فروشنده این مواد باشد.

اهداف برشمرده شده در فوق فواید نگهداری موجودی را بیان می‌دارند. البته، این فواید بدون تحمل هزینه و مشکلات دیگر امکان‌پذیر نیستند. مجزا کردن مراحل مختلف تولید در پویش تولید برای جلوگیری از توقف ناگهانی آن در موقع نرسیدن مواد و یا به منظور استفاده موثرتر از ماشین‌آلات و غیره بسیار مفید است ولی این امر فقط در مقابل بالا رفتن هزینه فضای انبار، کارکنان بیشتر، درگیری سرمایه در موجودی‌ها و غیره امکان‌پذیر است. طرح هر سیستم موجودی بایستی بطریقی باشد که منافع آن بیشتر از مخارجش باشد. بنابراین طرح یک سیستم کنترل موجودی مطلوب به شناخت و تعیین هزینه‌های مربوط به آن بستگی دارد.

۷-۲ هزینه‌ها

در این قسمت به تشریح هزینه‌هایی می‌پردازیم که موجودی‌های یک کارخانه یا سازمان به آن کارخانه یا سازمان تحمیل می‌نمایند. در ادامه به مزایای نگهداری موجودی خواهیم پرداخت. بطور کلی از نقطه‌نظر هزینه‌ها می‌توان اهداف نگهداری موجودی را در یک هدف خلاصه نمود، برطرف نمودن یا کاهش دادن هزینه‌هایی که به علت فقدان موجودی‌ها حاصل می‌شوند. بنابراین توجیه نگهداری موجودی بایستی این باشد که، هزینه‌های صرفه‌جویی شده بیش از هزینه‌های نگهداری آن است.

عمده‌ترین هزینه‌های موجودی‌ها را می‌توان در چهار طبقه اصلی زیر تقسیم‌بندی نمود:

- ۱- هزینه‌های نگهداری (انبارداری)^۱،
- ۲- هزینه‌های مواجهه با کمبود کالا^۲،
- ۳- هزینه‌های سفارش‌دهی^۱،

^۱ . Holding Costs

^۲ . Shortage Costs

۴- هزینه قیمت مواد یا هزینه مواد^۲.

۱-۷-۲ هزینه‌های نگهداری موجودی

برای نگهداری کالا در انبار عمده‌تاً هزینه‌های زیر به سازمان تحمیل می‌گردند:

(۱) **تسهیلات انبار:** برای انبار کردن مواد بایستی ساختمان‌ها و تاسیسات ایجاد و یا اجاره شوند. هزینه‌های انبار مانند استهلاک، حرارت، و نور اغلب ثابت هستند، مقداری فضا برای انبار وجود دارد و بایستی گرم شده و نگهداری شود. بنابراین تا جاییکه سطح موجودی از ظرفیت فضای موجود بیشتر نباشد معمولاً هزینه‌ای بطور مستقیم بوسیله موجودی‌ها ایجاد نمی‌شود. ولی در بعضی حالات، فضای انبار اجاره می‌شود، یا فضای مورد تملک موسسه ممکن است برای استفاده-های تولیدی دیگر بکار رود. در اینصورت فضای مورد نیاز و در نتیجه هزینه آن، ممکن است یا به متوسط سطح موجودی یا حداکثر فضایی که در دسترس قرار گرفته بستگی داشته باشد. در هر حالت، چه فضا اجاره شود چه قابل استفاده برای امورتولیدی دیگری باشد، هزینه‌ای بطور مستقیم به علت نگهداری موجودی‌ها باید متحمل شد.

(۲) **هزینه‌های انتقال:** هزینه‌های انتقال محصول به درون و به خارج انبار شامل خسارت، دستمزدها، و هزینه وسایل است. هزینه‌های عادی انتقال محصول به درون و به خارج انبار نوعاً در مسایل موجودی مستقیماً در نظر گرفته نمی‌شوند. ولی، در بعضی حالات هزینه انتقال هر واحد ممکن است بستگی به سطح موجودی داشته باشد. برای مثال، افزایش بیش از حد موجودی ممکن است موجب شلوغ شدن محل کار انبار شود و گاهی مواقع لازم است که از انبارهای کمکی استفاده نمود. در اینصورت عموماً هزینه‌های انتقال بیش از هزینه‌های عادی انتقال خواهد بود. بایستی مواد را بارگیری، حمل، و در انبارهای کمکی تخلیه نمود. این امر ممکن است هزینه‌ای زیاد و غیرعادی داشته باشد. چنین هزینه‌هایی که بیش از هزینه‌های عادی انتقال محصول هستند بایستی مورد توجه قرار گیرند.

(۳) **افت:** نگهداری مقادیر زیاد موجودی از محصولاتی که در معرض فساد و یا زوال قرار دارند توصیه نمی‌شوند. ارزش انواع بسیاری از این محصولات، چه از نظر مالی و چه از نظر مورد استفاده، با گذشت زمان کاهش می‌یابد. برای روشن شدن موضوع مواد غذایی مثال خوبی است. افت موجودی ممکن است ناشی از علت‌های دیگری مانند ناپدید شدن، شکستگی، تبخیر و غیره باشد.

(۴) **متروک شدگی:** کالاهای موافق سبک روز مانند اتومبیل، پوشاک، و بطور کلی محصولاتی که در اثر گذشت زمان و پیشرفت فنون نوع آن‌ها تغییر می‌کند، در خطر متروک شدن قرار دارند. ارزش این کالاها با گذشت زمان کاهش می‌یابد. در نتیجه، نگهداری مقادیر زیاد موجودی از این نوع کالاها یک نوع سرمایه‌گذاری خطرناک (اشتباه) است. هر قلم جنسی که در معرض جانشتن شدن

^۱ . Ordering Costs

^۲ . Purchase Costs, Material Costs

(با مدل جدیدی) باشد مشمول خطر متروک شدگی است و بنابراین بایستی موجودی آن کمینه شود.

(۵) **هزینه سرمایه:** سرمایه‌ای که برای تهیه موجودی مواد بکار می‌رود فرصت سرمایه‌گذاری در جاهای دیگر را ازدست می‌دهد. این امر سبب ایجاد هزینه فرصت از دست رفته می‌شود، که معمولاً به‌صورت درصدی از سرمایه بیان می‌گردد. در هر موسسه توافق در مورد تعیین مقدار صحیح این درصد خیلی مشکل است. ولی به هر حال این هزینه یکی از مهم‌ترین هزینه‌های نگهداری موجودی به حساب می‌آید.

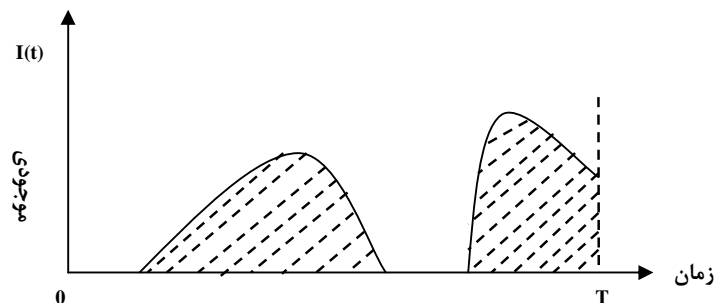
(۶) **بیمه و مالیات:** اغلب هزینه بیمه مواد و اقلام انبار شده، که معمولاً برحسب متوسط سطح موجودی سالیانه محاسبه می‌شود، مقدار قابل ملاحظه‌ای می‌باشد، بعلاوه ممکن است بر مواد موجود در انبار مالیات نیز تعلق گیرد.

یک روش معمول مدلسازی هزینه‌های نگهداری این است که آن‌ها را متناسب با متوسط فرض نمود. اگر $I(t)$ مقدار موجودی در زمان t باشد، متوسط موجودی در یک دوره زمانی $(0, T)$ عبارت است از:

$$\bar{I} = \frac{1}{T} \int_0^T I(t) dt \quad (2-9)$$

با مراجعه به شکل (۲-۲)، \bar{I} عبارتست از سطح زیر منحنی موجودی تقسیم بر T . اگر h هزینه نگهداری یک واحد موجودی در واحد زمان باشد، متوسط هزینه نگهداری در واحد زمان در فاصله زمانی $(0, T)$ برابر است با $h\bar{I}$. (توجه کنید که کل هزینه نگهداری در $(0, T)$ برابر است با $h\bar{I}T$). غالباً فرض می‌شود که h شامل هزینه‌ای است متناسب با حجم پولی یک واحد محصول به اضافه هزینه‌ای که مستقل از این حجم پولی است (مثل هزینه فضای انبار). در اینصورت $h = iC + W$ ، که در آن i هزینه نگهداری یک تومان موجودی در واحد زمان و متناسب با سرمایه‌گذاری در موجودی است و متاثر از پارامترهای زیادی مثل نرخ تورم، نرخ بهره، نرخ استهلاک کالا، ... می‌باشد. C قیمت یک واحد محصول، و W هزینه فضا برای یک واحد متوسط موجودی در واحد زمان است. ضریب i موسوم به نرخ هزینه نگهداری است و نوعاً سالیانه بین ۱۵٪ تا ۲۵٪ است. در بسیاری از مدل‌های موجودی W حذف می‌شود و متوسط هزینه نگهداری در واحد زمان برابر است با $iC\bar{I}$.

$$\bar{I}(t) = \text{متوسط موجودی} = \frac{\text{سطح هاشور خورده}}{T}$$



شکل (۲-۲) تغییرات موجودی بر حسب زمان و متوسط موجودی

۲-۷-۲ هزینه‌های کمبود موجودی

زمانیکه انبار خالی از موجودی باشد، نمی‌توان تقاضا را برآورده نمود. در این صورت دو حالت ممکن است رخ دهد:

۱- فروش از دست رفته،

۲- حالت تقاضای پس‌افت.

در حالت اول، تقاضا (فروش) از دست برود که به آن حالت فروش از دست رفته می‌گوییم و معمولاً به دو صورت هزینه‌های فرصت از دست رفته و هزینه‌های کسر اعتبار به سازمان تحمیل می‌شوند.

در شرایط هزینه‌های فرصت از دست رفته، در شرایطی که کالای مورد نیاز برای استفاده در خط تولید و ساخت فرآورده باشد، و این کالا در انبار موجود نباشد، تولید کارخانه متوقف شده و نیروی انسانی و ماشین‌آلات بیکار می‌شوند. بدیهی است که سازمان هزینه قابل توجهی را در چنین شرایطی تحمل خواهد نمود. از سوی دیگر، در صورتیکه کالای مورد نیاز مربوط به انبار فرآورده نهایی بوده و مورد درخواست مشتریان باشد، ولی کارخانه با کمبود آن مواجه باشد، فرصت فروش کالا از دست می‌رود. در این حالت کارخانه سود حاصل از فروش کالا محروم می‌ماند. علاوه بر این شرایط، در صورتیکه کالا یا قطعه مورد نیاز عبارت از قطعات یدکی برای تعمیرات ماشین‌آلات باشد، در موارد زیادی دیده می‌شود که کمبود یک قطعه کوچک و به ظاهر دارای ارزش ناچیز، ممکن است هزینه‌های بالایی را به علت توقف ماشین‌آلات کارخانه ایجاد نماید.

چنانچه هزینه‌ها به صورت کسری اعتبار^۱ باشد، از دست دادن مشتری به علت نبودن محصول، تنها ایجاد کننده هزینه‌های مستقیم مربوط به فروش از دست رفته نیست. بدیهی است نبودن کالا برای تحویل به مشتری در فعات مکرر باعث خواهد شد که مشتریان در دفعات بعد به تولیدکنندگان دیگری مراجعه نمایند. بدین ترتیب اختلالی در اعتبار شرکت در برابر مشتریان ایجاد خواهد شد. این شرایط خصوصاً در وضعیتی که مرتباً بازار رقابت برای تولید و فروش محصول در سطح ملی و در سطح جهانی تنگ‌تر می‌شود، به شدت محسوس می‌باشد. در عین حال در صورتیکه کالایی که با کمبود مواجه شده مربوط به فرآورده نهایی نباشد و مورد مصرف داخلی کارخانه باشد نیز نبود آن باعث توقف تولید و افت بهره‌وری شده، و این امر در صورتیکه در موارد زیاد تکرار شود باعث کسر اعتبار مدیریت شرکت در مقابل کارکنان خواهد شد، که خود نوعی زیان یا هزینه برای سازمان تلقی می‌شود.

در حالت دوم، تقاضای برآورده نشده ممکن است با تاخیر برآورده شود، که به این حالت تقاضای پس‌افت می‌گوییم. این حالت سبب ایجاد هزینه‌هایی مثل هزینه کاغذ بازی اضافی برای برآوردن تقاضا پس‌افتاده، و احتمالاً جریمه دیرکرد تحویل کالا به مشتری می‌شود. اگر تقاضا یک تقاضای درونی برای مواد در داخل خود موسسه تولیدی باشد، هزینه توقف تولید یا تعطیل آن ممکن است خیلی زیاد شود. سومین امکان برای هزینه کمبود موجودی حالتی است که تقاضا را بوسیله منبع دیگری تامین نمود. این امر مستلزم هزینه اضافی سفارش برای خریدهای تعجیلی یا خرید از منابع دیگر با هزینه بالاتر است. در صورتی که مواد در خود موسسه تهیه شوند، این هزینه شامل هزینه سرعت بخشی به کارها و استفاده از اضافه‌کاری یا شیفت اضافی است. بدون توجه به اینکه کدامیک از این پیش آمدها رخ دهد، شرایطی

^۱. Credit Lost Costs

نامناسب (با هزینه‌های غیرمعمول) بوجود می‌آیند. هزینه‌های کمبود (یا "جریمه") غالباً جزو مهمترین هزینه‌های مربوط به موجودی هستند. بعلاوه تعیین این هزینه‌ها خیلی دشوار است.

شاید ساده‌ترین مدل برای هزینه‌های کمبود این است که یک هزینه ثابت π برای هر واحد کمبود در نظر گرفت. این امر در مورد فروش از دست رفته و حالت‌های جان‌شین کردن محصول با محصولات دیگر مناسب است. ولی، در حالت تقاضای پس‌افتاده واقعی‌تر این است که هزینه کمبود را متناسب با مدت زمان تاخیر در تامین تقاضای پس‌افتاده فرض نمود. بنابراین، فرض کنید که $\hat{\pi}$ هزینه یک واحد تقاضای پس-افتاده در واحد زمان باشد. در این حالت وضع $\hat{\pi}$ در مورد تقاضاهای پس‌افتاده مانند وضعیت h نسبت به موجودی‌ها است.

در طول زمان $(0, T)$ ممکن است هزینه کل کمبود را با مدل زیر نشان داد:

$$\pi B + \hat{\pi} T \bar{b} \quad (2-10)$$

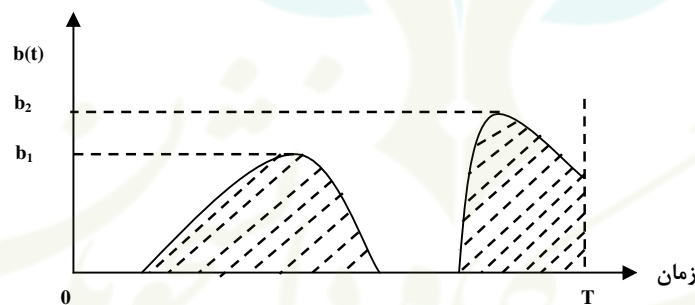
که در آن B تعداد کل کمبود و \bar{b} متوسط تقاضای پس‌افتاد در طول $(0, T)$ است. متوسط تقاضای پس‌افتاد از رابطه (۲-۱۱) محاسبه می‌شود:

$$\bar{b} = \frac{1}{T} \int_0^T b(t) dt \quad (2-11)$$

و $b(t)$ وضعیت تقاضای پس‌افتاد در زمان t می‌باشد. متوسط ضرر کمبود در واحد زمان در طول $(0, T)$ عبارت است از:

$$\text{متوسط هزینه کمبود} = \frac{\pi B}{T} + \hat{\pi} \bar{b} \quad (2-12)$$

$$\text{کل هزینه کمبود} = \pi B + \hat{\pi} \bar{b} T \quad (2-13)$$



شکل (۲-۳) نمودار کمبود بر حسب زمان

(کل تعداد کمبود از 0 تا T) $\hat{\pi} + (\text{سطح هاشور خورده زیر منحنی کمبود}) = \text{هزینه کمبود سالیانه } (0, T)$

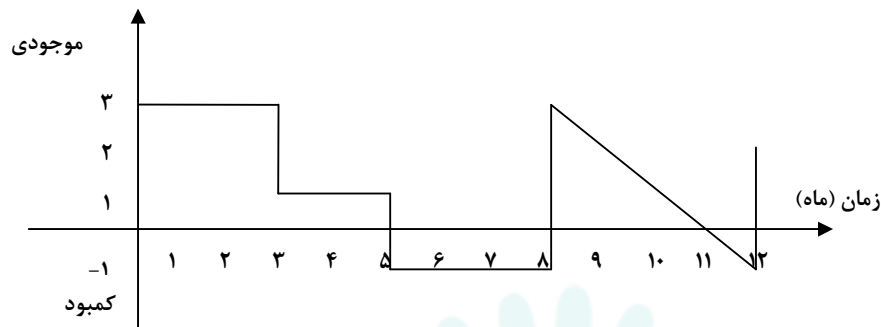
$$= \hat{\pi} \int_0^T b(t) dt + \pi (b_1 + b_2)$$

بنابراین فرمول کلی هزینه کمبود سالانه به صورت زیر است:

$$\text{هزینه کمبود سالیانه} = \hat{\pi} \bar{b} T + \pi \sum_{i=1}^T b_i$$

مثال ۱- هزینه نگهداری هر تن یک محصول تولیدی در هر ماه برابر ۲۰۰ تومان است و هزینه کمبود هر تن آن محصول در هر ماه ۱۰۰ تومان است. موجودی خالص این محصول برای ۱۲ ماه گذشته بر حسب

زمان در شکل زیر رسم شده است. کل هزینه نگهداری موجودی این محصول در سال گذشته چقدر است؟ (سراسری ۷۶)

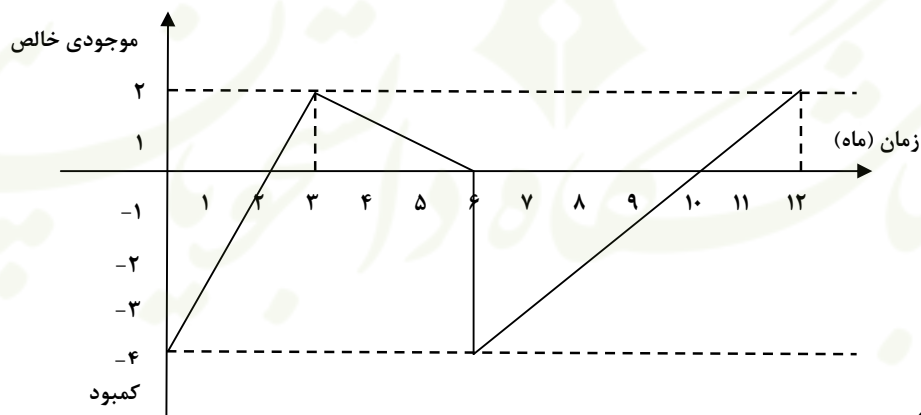


پاسخ: قسمت بالایی نمودار مربوط به کالاهای موجود و قسمت پایینی نمودار مربوط به کمبود کالا است. پس سطح زیر منحنی در قسمت فوقانی نشان‌دهنده موجودی کالا است که مساحت آن برابر است با:

$$\text{موجودی کل} = 3 \times 3 + 1 \times 2 + \frac{(3 \times 3)}{2} = 15/5$$

$$\text{کل هزینه نگهداری} = 15/5 \times 200 = 3100$$

مثال ۲- موجودی خالص یک قلم کالا در طی ۱۲ ماه گذشته در شکل زیر داده شده است. هزینه نگهداری هر واحد در ماه ۴۰ تومان است. هزینه ثابت کمبود برای هر واحد ۱۲۰ تومان و هزینه کمبود وابسته به زمان ۱۸۰ تومان برای هر واحد در ماه است. متوسط هزینه نگهداری موجودی و کل هزینه کمبود این کالا در طی ۱۲ ماه گذشته را بدست آورید؟ (آزاد ۸۰)



پاسخ:

$$\text{کل هزینه نگهداری} = \left[\frac{(1 \times 2)}{2} + \frac{(3 \times 2)}{2} + \frac{(2 \times 2)}{2} \right] \times 40 = 6 \times 40 = 240$$

$$\text{متوسط هزینه نگهداری} = \frac{\text{کل هزینه نگهداری}}{\text{طول دوره}} = \frac{240}{12} = 20$$

کل هزینه کمبود وابسته به زمان + کل هزینه کمبود مستقل از زمان = کل هزینه کمبود

$$= 120 \times (4 + 4) + 180 \left[\frac{2 \times 4}{2} + \frac{4 \times 4}{2} \right] = 3120$$

۳-۷-۲ هزینه‌های تدارک مواد

در آغاز این قسمت لازم است به یک موضوع مهم که همواره در امور برنامه‌ریزی و کنترل موجودی با آن مواجه هستیم توجه شود:

قسمت‌های کنترل مواد یا سفارشات یک کارخانه معمولاً برای تامین مواد، "سفارش خرید" یا "سفارش ساخت" تهیه می‌کنند. سفارش‌های خرید برای تامین کالا از خارج کارخانه تهیه می‌شود. در مواردی نیز به جای سفارش خرید، سفارش ساخت به داخل کارخانه داده می‌شود. هزینه‌های تدارک مواد، چه در حالتی که محصول خارج از موسسه خریداری شود و چه در حالتی که در خود موسسه تولید گردد، شامل یک مؤلفه مستقل از مقدار هربار تهیه مواد و یک مؤلفه وابسته به مقدار تهیه مواد است. مؤلفه اول هزینه ثابت هربار تهیه مواد است و اغلب در حالت خرید آنرا "هزینه سفارش‌دهی" و در حالت تولید "هزینه آماده‌سازی" می‌نامند و شامل هزینه‌های زیر می‌باشد:

هزینه‌های دفتر و اداری (ثبت، سفارش، تماس با فروشندگان و دریافت پیشنهاد قیمت، تشکیل کمیسیون‌های خرید جهت بررسی پیشنهادات، مأموریت‌های اداری جهت تماس حضوری با فروشندگان، هزینه‌های مخابراتی تلفن، فاکس، پست، ...)، حمل و نقل، هزینه‌های پرسنلی، هزینه راه‌اندازی و آماده کردن، هزینه بازرسی (در صورتیکه مستقل از اندازه سفارش باشد). لازم به ذکر است که این هزینه‌ها، در ظرف سال به تعداد دفعات صدور سفارش در سال بستگی دارد. به عنوان مثال چنانچه تمامی سفارش خرید یکبار در ابتدای سال انجام شود، و هزینه هر بار سفارش برابر ۵۰۰ واحد پولی باشد، فقط به اندازه یک بار هزینه پرداخت می‌شود، معادل ۵۰۰ واحد پولی. ولی چنانچه سفارش هر ۶ ماه یکبار انجام گیرد یعنی تعداد دفعات سفارش‌دهی ۲ بار در سال خواهد بود و هزینه مربوط ۲ بار در سال، یعنی معادل ۱۰۰۰ واحد پولی پرداخت می‌شود.

۳-۷-۳-۱ هزینه سفارش‌دهی در حالت خرید

زمانی که خریدی انجام می‌گیرد، اغلب بدون توجه به مقدار سفارش سیستم موجودی بایستی هزینه‌هایی را متحمل شود. به عنوان مثال، درخواست خرید باید تهیه گردد، سفارش انجام پذیرد، پرسش‌ها صورت گیرد، و بالاخره در موقع رسیدن کالا باید آن را دریافت، بازرسی، قبول یا رد نمود. چون چنین هزینه‌هایی اغلب ثابت بوده و تابعی از مقدار سفارش و یا ارزش آن نیستند، بنابراین هرچه تعداد سفارش کمتر باشد، سیستم کمتر متحمل هزینه می‌شود.

۳-۷-۳-۲ هزینه سفارش‌دهی در حالت تولید (هزینه آماده‌سازی)

در صورتیکه به جای سفارش خرید، لازم باشد برای کالایی سفارش ساخت به داخل کارخانه صادر شود، بدیهی است که به عملیات اداری و مالی کمتری در مقایسه با سفارش خرید نیاز خواهد بود. در این حالت عملیات و هزینه‌های آماده‌سازی تجهیزات مطرح می‌شوند. چنین هزینه‌هایی در موقع آماده کردن ماشین‌آلات و تجهیزات برای ساختن محصول به وجود می‌آیند. به عنوان مثال این هزینه‌ها شامل هزینه تهیه ابزار جدید، هزینه تهیه کردن ماشین‌آلات، دوباره مرتب کردن وسایل، تدارک خدمات و تهیه روش‌های بازرسی، انتقال و غیره هستند. غالباً این هزینه‌ها ثابت و به مقدار سفارش بستگی ندارند، مگر در حالتی‌های خاص که روش‌ها و تجهیزات مختلفی برای هر مقدار معینی از تولید نیاز باشد. چون تعداد کل واحدهایی که در طول سال تولید می‌شود ثابت و بستگی به دفعات تولید ندارند، بنابراین ممکن است

صرفه‌جویی حاصل از کاهش دادن دفعات تولید به علت افزایش مقدار هر بار تولید بیشتر از هزینه نگهداری موجودی شود.

۴-۷-۲ هزینه مواد

این هزینه که مؤلفه متغیر هزینه تهیه مواد است در اکثر موارد تحت تاثیر تصمیم به نگهداری موجودی‌ها قرار نمی‌گیرد و استثنائاً زمانی است که تخفیف‌های قیمت و نوسانات قیمت وجود دارند. این هزینه، شامل هزینه‌های مواد اولیه، نیروی کار مستقیم یا غیرمستقیم، هزینه هر قلم کالا، حمل و نقل، کنترل و کیفیت و بازرسی و ... می‌باشد. بیشتر روش‌های کنترل موجودی نوسانات قیمت‌ها را در نظر نمی‌گیرند. مواد یا از خارج موسسه خریداری می‌شوند که در این صورت هزینه هر واحد قلم موجودی عبارت است از قیمت خرید یک واحد آن، یا داخل خود موسسه تولید می‌گردند که در این حالت هزینه هر واحد موجودی عبارت است از هزینه تولید یک واحد از آن. هزینه تولید یک واحد بستگی دارد به اینکه محصول در چه مرحله‌ای از مراحل تولید قرار دارد. این هزینه در مراحل اولیه تولید کمی بیشتر از هزینه خرید واحد مواد اولیه موجود در آن است و هرچه از مراحل تولیدی بیشتری می‌گذرد، قسمتی از هزینه‌های ثابت وسایل تولید، کار مستقیم و غیرمستقیم برای عملیات، و هزینه مواد مستقیم به آن اضافه می‌شود. شایان توجه است که، هرگاه هزینه حمل و نقل بیرون سازمان، وابسته به تعداد کالا باشد جزء هزینه خرید و اگر مستقل از تعداد کالا باشد جزء هزینه تدارک محسوب می‌شود.

باتوجه به مطالب بیان شده در مورد هزینه‌ها می‌توان هدف اصلی برنامه‌ریزی و کنترل موجودی را به صورت زیر بیان نمود:

از اهداف اصلی برنامه‌ریزی تولید و کنترل موجودی تعیین مقدار مناسب و اقتصادی برای هر بار سفارش کالا می‌باشد که به ازاء آن جمع هزینه‌های موجودی‌ها در یک دوره مشخص زمانی در حداقل باشد. هدف بیان شده محور اصلی مباحث این کتاب را تشکیل داده که در قسمت‌های مختلف با توجه به انواع شرایط حاکم بر سازمان به تجزیه، تحلیل و تعیین مدل‌های اقتصادی برای دستیابی به این سیاست‌ها خواهیم پرداخت.

۸-۲ وضعیت تقاضا

در بعضی مواقع تقاضای آینده کاملاً معلوم است (این تقاضای معلوم ممکن است در طول زمان ثابت باشد و اگر تغییراتی هم داشته باشد این تغییرات منظم و معلوم هستند و تصادفی نیستند)، یا اینکه تغییرات تصادفی تقاضا ناچیز است، بطوریکه، با تقریب کافی، می‌توان تقاضا را معلوم فرض نمود، مثل تقاضا برای مواد اولیه جهت ساختن کالاهایی که برنامه تولید آینده آنها معلوم است. در حالتی که تقاضا معلوم است آنرا قطعی^۱ می‌نامیم.

عموماً نمی‌توان با قطعیت تقاضای آینده را پیش‌بینی نمود. علت این امر وجود تغییرات تصادفی است که سبب می‌شود نتوان تقاضا را پیش‌بینی نمود. بطور کلی مهم‌ترین کاری که می‌توان در مورد تقاضا انجام داد بیان آن به صورت احتمالی است. معمولاً تقاضا (وگاهی بجز مدت تحویل) تنها مقداری است که به عنوان یک متغیر تصادفی در مدل‌های تصمیم سفارش‌دهی در نظر گرفته می‌شود. غالباً نمی‌توان مطمئن

^۱. Deterministic

بود که چه موقع تقاضایی خواهد رسید، و موقعی که تقاضایی می‌رسد، تعداد واحدهای درخواست شده ممکن است نامعلوم باشد. بنابراین تعداد کل واحدهای تقاضا شده در یک دوره زمانی ثابت یک متغیر تصادفی است که توزیع احتمالی آن بستگی به طول زمان دارد. اگر این توزیع احتمالی برای دوره‌های زمانی (به طول t) یکسان باشد، در این حالت البته میانگین نرخ تقاضا ثابت است، می‌گوییم که جریان تقاضا ساکن^۱ است، در غیراینصورت جریان تقاضا پویا^۲، یا غیرساکن، می‌باشد.

بنابراین تقاضاها برای مواد موجودی ممکن است مقادیر معلوم یا متغیرهای تصادفی باشند، مدل‌هایی که در آنها تقاضا معلوم (قطعی) است، موسوم به مدل‌های قطعی و مدل‌هایی که در آنها تقاضا یک متغیر تصادفی در نظر گرفته می‌شود، مدل‌های احتمالی^۳ نامیده می‌شوند.

۹-۲ خطی‌مشی موجودی (انواع سیستم‌های کنترل موجودی)

برای کنترل صحیح و منظم سفارشات و موجودی‌ها، معمولاً دستیابی به مقادیر دو پارامتر اصلی لازم می‌شود. این دو پارامتر عبارتند از:

۱- مقدار هر بار سفارش

۲- تاریخ مناسب صدور سفارش

سیستم‌های مختلف سفارش و کنترل موجودی باید در ساختاری متناسب با شرایط هر واحد صنعتی به منظور پاسخگویی به دو سوال بالا طراحی شوند.

بطور کلی دو نوع سیستم موجودی اصلی وجود دارد و بقیه سیستم‌ها، با تغییرات و اصلاحات خاص از این دو نوع سیستم بدست می‌آیند. این دو نوع سیستم موجودی عبارتند از:

۱- سیستم نقطه سفارش، FOS (سفارشات مستمر، نقطه سفارش مجدد یا مقدار ثابت سفارش)^۴،

۲- سیستم دوره سفارش، FOI (دوره‌های ثابت سفارش، یا سفارشات دوره‌ای)^۵

در سیستم نقطه سفارش میزان موجودی مواد (وضعیت سیستم موجودی) بطور پیوسته مرور می‌گردد و چنانچه میزان موجودی کمتر و یا برابر حد خاصی (نقطه سفارش‌دهی) باشد، آنگاه میزان ثابت Q سفارش داده می‌شود. بنابراین در این خط‌مشی مقدار سفارش مواد همواره ثابت بوده اما فاصله زمانی بین دو سفارش متغیر است. این خط‌مشی با نام‌های خط‌مشی مرور دائم، FOS، مقدار ثابت سفارش، نقطه سفارش و (r, Q) شناخته می‌شود.

در خط‌مشی دائم امکان ردیابی سطح موجودی دائماً امکان‌پذیر است و در نتیجه می‌توان در هر زمانی که مناسب باشد سفارشی انجام گیرد. اگر محصول به صورت واحدهای تکی مورد تقاضا واقع شود، سفارش موقعی انجام می‌گیرد که $I(t) = r$ باشد.

شکل ۴-۲ سیستم (r, Q) را نشان می‌دهد. هر وقت سطح موجودی به نقطه سفارش می‌رسد سفارش انجام می‌گیرد، اما دریافت سفارش پس از مدت تحویل (L) انجام می‌گیرد. توجه کنید که اگر مقدار مصرف در طول مدت تحویل بیش از نقطه سفارش r باشد، در آن صورت کمبود رخ خواهد داد. بعلاوه فاصله زمانی بین سفارشات متوالی متغیر، ولی مقدار سفارش ثابت است.

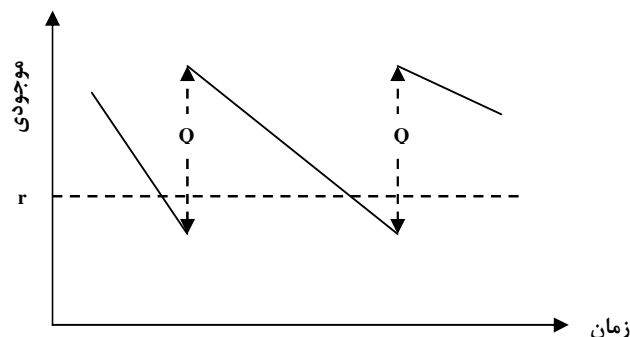
^۱ . Static

^۲ . Dynamic

^۳ . Probabilistic or Stochastic

^۴ . Order Point (or Continuous Ordering, or Re-order Point, or Fixed Order Quantity)

^۵ . Periodic Ordering (or Fixed Period Ordering, or Periodic review)



شکل ۲-۴ خط مشی بازدید دائم (r, Q)

برای اینکه دقیق‌تر باشیم، سطح موجودی I را در خط مشی‌های فوق بایستی نماینده موقعیت موجودی یعنی، موجودی خالص به اضافه مقدار در سفارش در نظر گرفت.

در حالتی که جریان تقاضا غیرساکن (پویا) باشد، خط مشی موجودی ممکن است ساختار توضیح داده شده در فوق را داشته باشد، ولی پارامترهای خط مشی با زمان تغییر می‌کند.

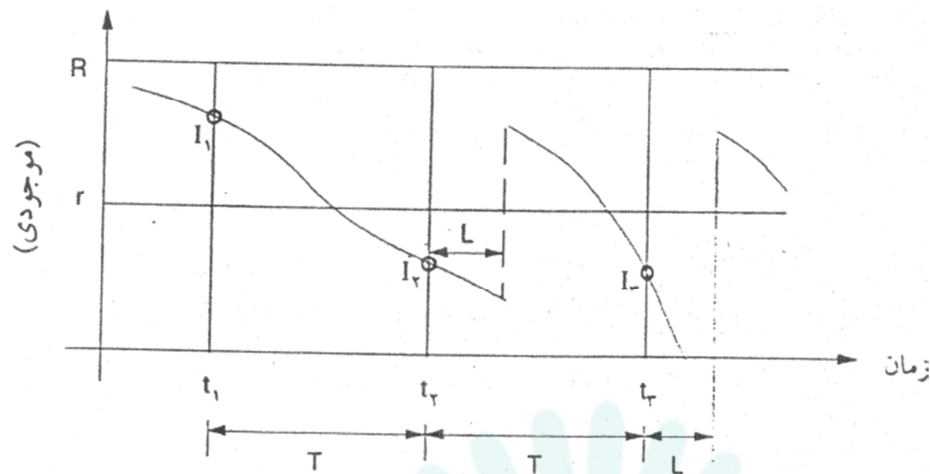
در خط مشی دوره‌ای سطح موجودی را فقط در نقاطی از زمان، به فواصل زمانی مساوی T از یکدیگر، بازدید می‌کنند. در این صورت T را دوره بازدید می‌نامند. در این خط‌مشی، در هر نقطه از بازدید فرصتی وجود دارد که مقدار دلخواهی از مواد سفارش داده شود. فرض کنید که قاعده سفارش این است که، فقط موقعی سفارش دهید که سطح موجودی بازدید شده، I ، مساوی یا کمتر از r واحد باشد. r را نقطه سفارش^۱ می‌نامند. اگر در یک نقطه بازدیدی بنا شود که سفارشی انجام گیرد، آنوقت مقدار سفارش برابر است با تفاوت سطح موجودی بازدید شده با یک سطح مشخص شده، R ، به عبارت دیگر در دوره j مقدار سفارش Q_j عبارت است از:

$$Q_j = \begin{cases} 0 & \text{اگر } I_j > r \\ R - I_j & \text{اگر } I_j < r \end{cases}$$

این خط مشی از سه پارامتر R ، r ، T تشکیل شده است و آنرا با (R, r, T) نشان می‌دهند و در اغلب کتاب‌های موجودی این خط مشی را خط مشی بازدید دوره‌ای (R, T) می‌نامند. توجه کنید که این خود یک قاعده تصمیم‌گیری است که می‌گویند چه موقع سفارش داده شود و در هربار سفارش مقدار چقدر باشد.

شکل ۲-۵ وضعیت یک خط مشی (R, T) را نشان می‌دهد. در نقطه بازدید ۱، سطح موجودی بیش از مقدار نقطه سفارش، r ، می‌باشد، بنابراین سفارش انجام نمی‌گیرد. در نقطه بازدید ۲، چون مقدار موجودی پایین‌تر از نقطه سفارش است، مقدار سفارش برابر است با $Q^2 = R - I_j$ واحد. توجه کنید که به مجرد انجام سفارش، مواد فوراً دریافت نمی‌شود و سطح موجودی به نزول خود ادامه می‌دهد تا وقتی که در انتهای مدت تحویل L مواد سفارش شده برسد و به سطح موجودی اضافه شود. در نقطه بازدید ۳، مواد سفارش شده موقعی می‌رسد که موجودی کاملاً تخلیه شده و در نتیجه کمبود رخ داده است.

^۱ . Reorder Point



شکل ۲-۵ خط مشی بازدید دوره‌ای (R, r)

حالت خاصی از خط‌مشی (R, r, T) خط‌مشی می‌باشد که در آن $R = r$ است، و در هر نقطه بازدید سفارشی انجام می‌گیرد و مقدار آن سفارش برابر است با $R - I_j$ یعنی به ازای تمام مقادیر j :

$$Q_j = R - I_j$$

بعضی از نویسندگان، خط‌مشی (R, T) را خط‌مشی سفارش تا سطح R می‌نامند. این خط‌مشی برای حالاتی مناسب است که مقدار هزینه ثابت هربار سفارش‌دهی صفر یا ناچیز باشد.

۲-۹-۱ مقایسه میان سیستم مرور دائم (FOS) و مرور دوره‌ای (FOI)

- ۱- احتمال مواجهه با کمبود در خط‌مشی مرور دوره‌ای بیشتر از خط‌مشی مرور دائم است، لذا نیاز به ذخیره ایمنی بیشتری نسبت به سیستم مرور دائم برای پاسخگویی به سطح خدمت یکسان دارد.
- ۲- سیستم FOS با توجه به اینکه مقادیر سفارش در آن ثابت و معمولاً براساس مقدار اقتصادی است، مخارج انبارداری را به حداقل می‌رساند، ولی مقدار موجودی به طور مستمر کنترل می‌شوند، به همین دلیل، هزینه‌های مرور سیستم موجودی که جزو هزینه‌های سفارش‌دهی است در FOI نسبت به FOS کمتر است، از اینرو، هزینه‌های سیستم مرور دوره‌ای کمتر از هزینه‌های مرور دائم است.
- ۳- در سیستم مرور دوره‌ای، می‌توان دوره‌های سفارش را به صورتی تعیین کرد که هر روز از سال یا ماه به سفارش دسته‌های معینی از اجناس که قابل تهیه از یک صنف بخصوص هستند، بطور یکجا سفارش شوند. از اینرو، به علت همگروه کردن اقلام سفارش در FOI، این خط‌مشی برای فروشندگان مطلوب می‌باشد.
- ۴- هزینه‌های حمل و نقل سفارش در FOI به علت هم‌گروه کردن اقلام سفارش کمتر از FOS است. لذا فروشنده بیشتر تمایل به خط‌مشی FOI برای خریدار دارد.
- ۵- هنگامیکه یک مساله دارای محدودیتی مانند تعداد دفعات سفارش است که ابتدا فاصله زمانی ثابت بین سفارشات تعیین می‌گردد، خط‌مشی FOI است.
- ۶- خط‌مشی (r, Q) حد خط‌مشی (R, r, T) ، است که در آن T به سمت صفر میل می‌کند.

۲-۹-۲ خط مشی سفارش دهی دو ظرفی (یا دوقفسه‌ای، مینیمم ماکزیمم) Two-Bin

برای کالاهایی که دارای ارزش استراتژیک و یا قیمت بالایی نیستند، می‌توان با روش‌های ساده‌تری موجودی آن‌ها را کنترل نمود. یکی از این روش‌ها خط‌مشی سفارش دهی دو ظرفی می‌باشد. این خط‌مشی حالت خاص و کاربردی از خط‌مشی FOS است. در خط‌مشی FOS مرور دائم هزینه‌بر است، بنابراین در این حالت انبار موجودی کالا به دو قسمت بزرگتر و کوچکتر تقسیم می‌شود. به قسمت بزرگتر Q ، یا ظرف اول و به قسمت کوچکتر، r یا ظرف دوم گفته می‌شود. در این حالت مصرف از ظرف اول صورت می‌گیرد و زمانیکه ظرف اول خالی شد (عملاً موجودی به نقطه سفارش رسیده است)، سفارش به اندازه ثابت Q صادر می‌شود. تا زمان دریافت سفارش، مصرف از ظرف دوم صورت می‌گیرد. به محض دریافت سفارش، ابتدا ظرف دوم پر شده و سپس ظرف اول تا حد امکان با موجودی باقیمانده تکمیل می‌گردد (شکل ۶-۲). ذکر این نکته ضروری است که، در این سیستم ظرفیت ظرف دوم کوچکتر مساوی با مقدار نقطه سفارش بوده و حاصلجمع ظرفیت‌های دو ظرف برابر با ماکزیمم موجودی کالا خواهد بود.

مزیت سیاست دو ظرفی نسبت به FOS این است که به جای مرور دائم تنها به بررسی موجودی داشتن و یا خالی بودن ظرف اول پرداخته می‌شود و در نتیجه هزینه کمتری دارد. نکات سیستم دو ظرفی:

- ✓ برای مرور محصولاتی که برای سیستم مهم بوده و نیاز به کنترل دقیق دارند از سیستم FOS استفاده می‌شود.
- ✓ مقدار سفارش همواره ثابت و برابر حجم ظرف اول است.
- ✓ نقطه سفارش مجدد برابر حجم کالای ظرف دوم است.
- ✓ فواصل زمانی بین دو سفارش ممکن است ثابت یا متغیر باشد.
- ✓ این روش به دلیل سادگی و اطمینان معمولترین روش انبارداری است.
- ✓ در این سیستم معمولاً ظرف اول از ظرف دوم بزرگتر است.
- ✓ از معایب این سیستم عدم وجود اطلاعات در مورد سطح دقیق انبار و اثرات تغییرات آن بر مقدار فروش و مقدار مصرف می‌باشد.
- ✓ در این سیستم مقدار ذخیره احتیاطی تقریباً صفر است، به عبارت دیگر هنگام رسیدن سفارش هیچ کالایی در انبار نمی‌باشد.
- ✓ مقادیری که در فاصله بین صدور سفارش تا دریافت کالا از ظرف کوچکتر مصرف می‌شود، برابر با مقادیر مصرف در فاصله زمانی تحویل می‌باشد.



شکل ۶-۲ سیاست دو ظرفی

۲-۱۰ طبقه‌بندی ارزشی اجناس بوسیله آنالیز ABC

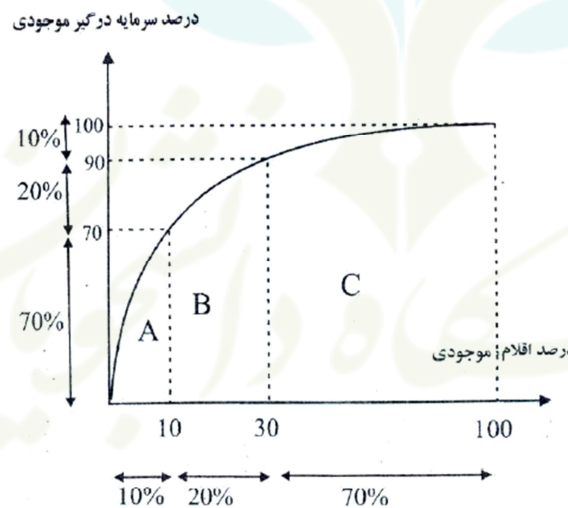
در انباری که هزاران قلم موجودی وجود دارد، تعداد اجزاء و هزینه‌های لازم برای کنترل دقیق موجودی هر قلم بسیار زیاد خواهد بود. علاوه بر این نظارت و کنترل در یک سیستم در مورد همه محصولات یکسان نیست و مدیر هر سیستم موجودی نسبت به محصولات که از ارزش و اهمیت بالاتری برخوردارند حساسیت بیشتری دارد. از اینرو، تمایز و طبقه‌بندی بین محصولات در همه سیستم‌ها وجود دارد. یک روش معمول در طبقه‌بندی روش "ABC" می‌باشد.^۱

۲-۱۰-۱ سیستم طبقه‌بندی ABC برای اقلام موجودی

آنالیز ABC اقلام موجودی را به ۳ گروه A، B و C تقسیم می‌کند:

طبقه	درصد اقلام موجودی	درصد سرمایه درگیر موجودی
A	کمترین (حدود ۱۰ درصد)	بیشترین (حدود ۷۰ درصد)
B	متوسط (حدود ۲۰ درصد)	متوسط (حدود ۲۰ درصد)
C	بیشترین (حدود ۷۰ درصد)	کمترین (حدود ۱۰ درصد)

شکل ۲-۶ طبقه‌بندی اجناس به روش ABC را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۶ طبقه‌بندی اجناس با استفاده از روش ABC

در شکل ۲-۶، ۱۰ درصد کل محصولات در حدود ۷۰ درصد کل قیمت موجودی‌ها را تشکیل می‌دهند، ۲۰ درصد کل محصولات ۲۰ درصد قیمت کل و ۷۰ درصد کل محصولات دارای ۱۰ درصد کل قیمت موجودی‌ها است. طبقه اول را گروه A، طبقه دوم را گروه B و طبقه سوم را گروه C می‌نامند، بنابراین:

^۱ . به طبقه‌بندی ABC روش "۲۰-۸۰" و یا روش "پارتو" نیز می‌گویند. روش پارتو بر این نظریه متکی است که در هر مجموعه‌ای تعداد کمی از اعضای این مجموعه قسمت اعظمی از روش‌ها و یا خواص این مجموعه را دربر می‌گیرند.

اقدام گروه A:

گروهی از اقدام است که از نظر تعداد در حدود ۲۰-۱۰ درصد کل اقدام موجودی بوده و معمولاً در حدود ۷۵-۸۰ درصد مصرف سالیانه کل (به پول) را تشکیل می‌دهند. این گروه درصد کمی از محصولات ولی درصد زیادی از کل قیمت را دارد. در این گروه اقدام، جنبه حیاتی داشته و به هیچ وجه نباید با کمبود مواجه شوند. برای این گروه یک سیستم موجودی دقیق و حساس در نظر گرفته می‌شود.

اقدام گروه B:

اقدامی هستند که ارزش آنها کمتر از دسته A بوده و کنترل آنها راحت‌تر از گروه A است و لازم است که برای آنها سیستم‌های تعادلی داشته باشیم، یعنی یک حداقل و حداکثر برای آنها در نظر می‌گیریم.

اقدام گروه C:

از نظر تعداد حدود ۶۵-۵۰ درصد اقدام موجودی هستند، ولی از نظر مصرف کل سالیانه ۵ درصد از کل مصرف (پولی) را تشکیل می‌دهند. این گروه، درصد بیشتری از محصولات موجودی را دارند، ولی از نظر قیمت درصد ناچیزی از کل ارزش موجودی است. این گروه اقدام نیاز به کنترل ندارند و کمبود آنها مشکل خاصی را ایجاد نمی‌کند. برای این گروه، سیستم سفارش‌دهی داریم و به اندازه سفارش خرید می‌کنیم ولی نگهداری نداریم. در جدول ۲-۳ می‌توانید عملیات کنترلی برای اجناس A، B و C را ببینید.

جدول (۲-۳) عملیات کنترلی برای اجناس طبقات A, B, C

طبقه	درجه کنترل	نوع آمارگیری از موجودی	اولویت در سفارش	روش سفارش
A	حداکثر دقت و کنترل با استفاده از روش‌های دقیق و بررسی منظم عملکرد سیستم کنترل	برداشت آمار دقیق از میزان مصرف، مقادیر ضایعات، فاصله زمانی تحویل و مقادیر موجودی	دقت زیاد در حداقل کردن فاصله زمانی تحویل و جلوگیری از نوسات پارامترها	تعیین مقادیر دقیق سفارش و مقدار ذخیره با در نظر گرفتن سطح اطمینان بالا
B	کنترل در حد متوسط ولی سعی در حفظ آمار مقادیر مصرف و موجودی‌ها	آمار قابل اطمینان در مقادیر مصرف و موجودی	اولویت در حدود متوسط، ولی در نظر گرفتن اولویت بالا جهت اقدامی که گاهی به صورت اضطراری لازم می‌شوند.	دقت در بررسی‌های اولیه جهت تعیین مقادیر سفارش ولی دقت کمتر در تخصیص مقادیر سفارش و ذخیره، اعمال کنترل در شرایطی که در تولید و مصرف تغییرات زیادی حاصل می‌شود.
C	کنترل‌های ساده یا بازدیدهای مرور دوره‌ای بدون نیاز به محاسبات	ساده‌ترین نوع آمارگیری	پایین‌ترین سطح اولویت	هیچگونه محاسبه جهت تعیین مقدار اقتصادی سفارش و کنترل آن لازم نیست، سفارش‌دهی در فواصل طولانی، به عنوان مثال در سال یکبار

۲-۱۰-۲ اصول طبقه‌بندی ABC

برای طبقه‌بندی اجناس به روش ABC انجام مراحل زیر ضروری است:

۱. تعیین مقدار مصرف سالیانه، هر یک از اقلام موجودی برحسب واحد مربوطه، D_j
۲. تعیین مصرف سالیانه هر قلم برحسب واحد پول، که از حاصلضرب D_j در قیمت واحد محصول (C_j) بدست می‌آید.
۳. مرتب کردن محصولات برطبق مصرف سالیانه برحسب پول، به ترتیب نزولی و درجه‌بندی اقلام به سه گروه A، B و C.

مثال ۳- مصرف سالیانه و قیمت واحد ۱۰ محصول در جدول ۴-۲ داده شده است. آنها را براساس آنالیز ABC طبقه‌بندی کنید.

جدول (۴-۲) اطلاعات مورد نیاز مثال ۳

محصول	مصرف سالیانه به واحد	قیمت واحد محصول به تومان
۱	۳۰۰۰۰	۰/۱
۲	۲۸۰۰۰۰	۰/۱۵
۳	۳۰۰۰	۰/۱
۴	۱۱۰۰۰۰	۰/۰۵
۵	۴۰۰۰	۰/۰۵
۶	۲۲۰۰۰۰	۰/۱
۷	۱۵۰۰۰	۰/۰۵
۸	۸۰۰۰۰	۰/۰۵
۹	۶۰۰۰۰	۰/۱۵
۱۰	۸۰۰۰	۰/۱

پاسخ:

گام‌های حل

۱. مقدار مصرف سالیانه، هر یک از اقلام موجودی را برحسب واحد مربوطه تعیین کنید.
۲. مصرف سالیانه هر قلم برحسب واحد پول، تعیین نمایید (جدول ۵-۲).
۳. محصولات را طبق مصرف سالیانه برحسب پول را به ترتیب نزولی مرتب کنید (جدول ۵-۲).
۴. اقلام را به سه گروه A، B و C طبقه‌بندی نمایید (جدول ۶-۲).

همانطور که در جدول ۷-۲ دیده می‌شود، ۲۰ درصد اقلام، ۷۳/۱ درصد مصرف سالیانه به تومان، ۳۰ درصد محصولات ۲۱/۱ درصد مصرف سالیانه به تومان و ۵۰ درصد اقلام ۵/۸ درصد مصرف سالیانه به تومان را تشکیل می‌دهند.

جدول (۲-۵) مصرف سالیانه به تومان و ایجاد درجه بندی

اولویت بندی	مصرف سالیانه به تومان
۶	۳۰۰۰
۱	۴۲۰۰۰
۹	۳۰۰
۴	۵۵۰۰
۱۰	۲۰۰
۲	۲۲۰۰۰
۸	۷۵۰
۵	۴۰۰۰
۳	۹۰۰۰
۷	۸۰۰

جدول (۲-۶) طبقه بندی محصولات

محصول	مصرف سالیانه به تومان	مجموع مصرف سالیانه به تومان	مجموع درصدها	طبقه
۲	۴۲۰۰۰	۴۲۰۰۰	٪۴۸	A
۶	۲۲۰۰۰	۶۴۰۰۰	٪۷۳/۱	A
۹	۹۰۰۰	۷۳۰۰۰	٪۸۳/۲	B
۴	۵۵۰۰	۷۸۵۰۰	٪۸۹/۶	B
۸	۴۰۰۰	۸۲۵۰۰	٪۹۴/۱	B
۱	۳۰۰۰	۸۵۵۰۰	٪۹۷/۶	C
۱۰	۸۰۰	۸۶۳۰۰	٪۹۸/۶	C
۷	۷۵۰	۸۷۰۵۰	٪۹۹/۴	C
۳	۳۰۰	۸۷۳۵۰	٪۹۹/۶	C
۵	۲۰۰	۸۷۵۵۰	٪۱۰۰	C

جدول (۲-۷) خلاصه طبقه بندی اجناس

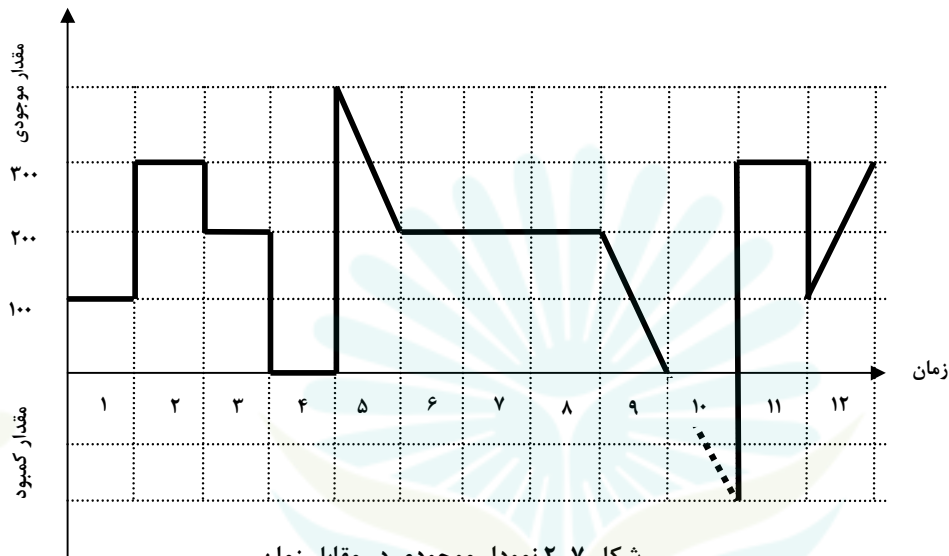
طبقه	محصولات	درصد محصولات	مقدار هر طبقه به تومان	درصد به تومان
A	۶،۲	۲۰	۶۴۰۰۰	۷۳/۱
B	۸،۴،۹	۳۰	۱۸۵۰۰	۲۱/۱
C	۱۰،۷،۵،۳،۱	۵۰	۵۰۵۰	۵/۸

۳-۱۰-۲ نکات آنالیز ABC

- ✓ سیستم FOS معمولاً برای کالاهای نوع A بکار می رود.
- ✓ سیستم FOI معمولاً برای کالاهای نوع B و C بکار می رود.
- ✓ همانطور که ذکر گردید، آنالیز ABC براساس حجم سرمایه درگیر موجودی، کالاها را گروه بندی می نماید و تنها قیمت ملاک طبقه بندی نیست، بلکه قیمت در تقاضا یا همان تقاضا برحسب پول ملاک طبقه بندی می باشد.

۲-۱۱ نمودارهای موجودی در مقابل زمان

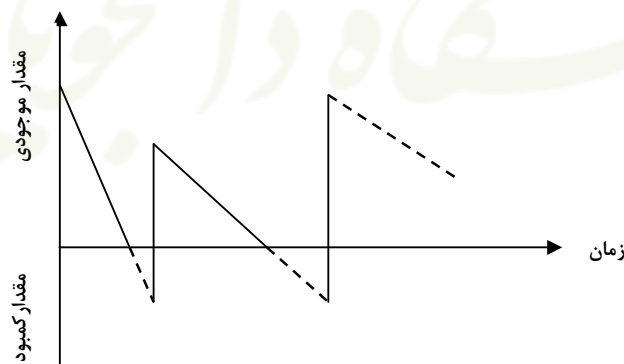
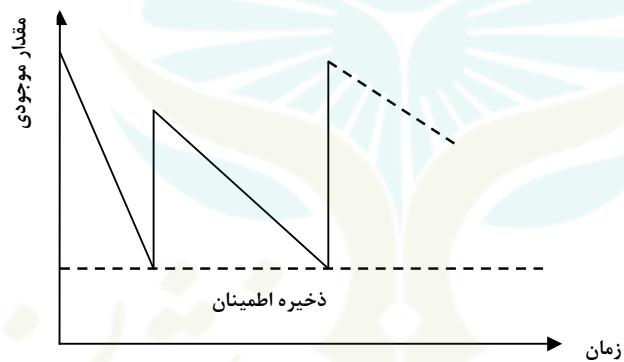
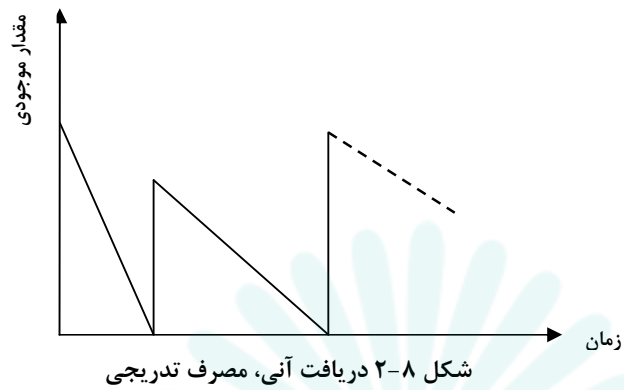
در فصول بعدی لازم است که برای ساخت و حل مدل‌های مختلف موجودی، از نمودارهای موجودی در مقابل زمان استفاده کنیم. در نمودارهای موجودی-زمان محور قائم نشان‌دهنده حجم (مقدار) موجودی بوده، و محور افقی نشان‌دهنده زمان می‌باشد. برای توضیح بیشتر شکل ۲-۷ را ببینید.

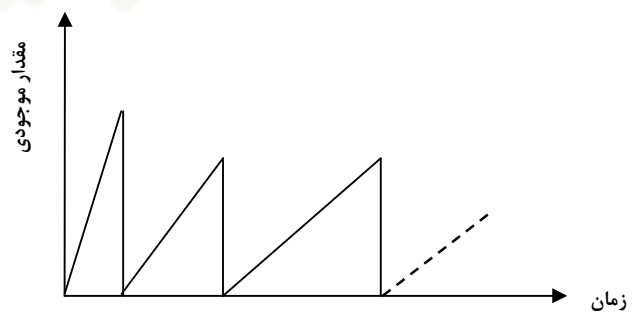
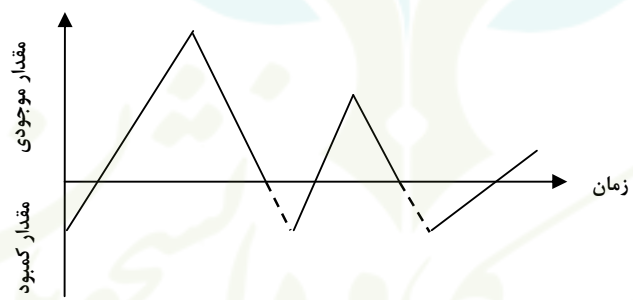
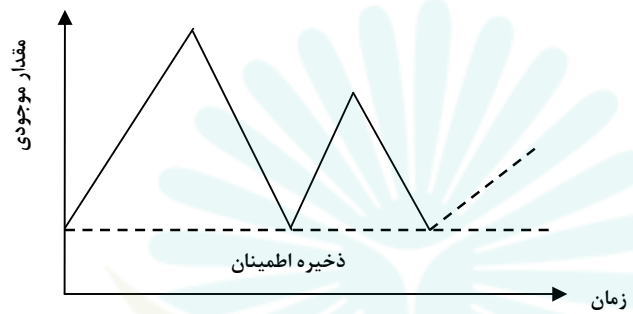
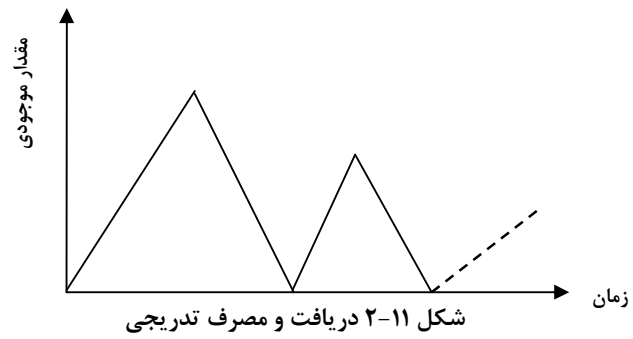


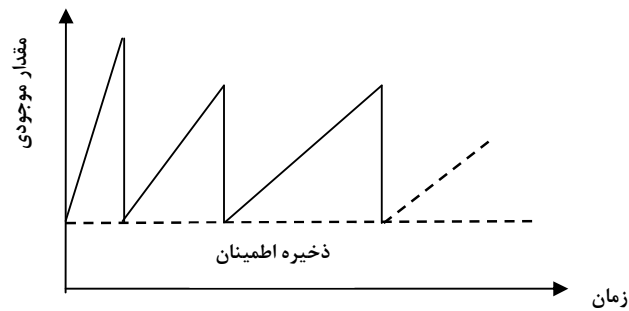
شکل ۲-۷ نمودار موجودی در مقابل زمان

در شکل ۲-۷، دوازده دوره زمانی بر روی محور افقی نشان داده شده است. همانطور که در شکل دیده می‌شود، در ابتدای دوره ۱ مقدار موجودی انبار ۱۰۰ واحد بوده و در ابتدای دوره ۲، ۲۰۰ واحد به طور آنی به موجودی اضافه و سطح موجودی انبار به ۳۰۰ واحد رسیده است. در پایان دوره ۲، از موجودی به مقدار ۱۰۰ واحد به طور آنی مصرف گردیده و سطح موجودی انبار به ۲۰۰ واحد رسیده است. در طول دوره ۳ نه موجودی وارد و نه مصرف گردیده، بنابراین سطح موجودی انبار ثابت است. در پایان دوره ۳، ۲۰۰ واحد موجودی به طور آنی مصرف و بنابراین سطح موجودی به صفر رسیده است. در طول دوره ۴، سطح موجودی ثابت و همانطور که مشاهده می‌شود، در پایان این دوره، ۴۰۰ واحد موجودی وارد انبار شده و سطح موجودی به ۴۰۰ واحد رسیده است. در طول دوره ۵ موجودی به طور تدریجی با شیب ثابتی (سرعت ثابت) که برابر نرخ مصرف می‌باشد به تدریج به مقدار ۲۰۰ واحد کاهش می‌یابد. این کاهش تا ابتدای دوره ۶ ادامه داشته و در دوره ۶ تا پایان دوره ۸ سطح موجودی ثابت (شیب صفر) مانده است. از ابتدای دوره ۹ تا پایان آن مانند دوره ۵ موجودی به طور تدریجی مصرف گردیده و سطح موجودی دوباره به صفر می‌رسد. همانطور که مشاهده می‌شود، در ابتدای دوره ۱۰ موجودی انبار صفر است و چنانچه تقاضایی به سیستم برسد، با کمبود موجودی مواجه خواهیم شد. از ابتدای دوره ۱۰، با آنکه به کالا نیاز بوده، ولی به علت نبود موجودی در انبار تا پایان دوره ۱۰، با ۲۰۰ واحد کمبود مواجه هستیم. در ابتدای دوره ۱۱، ۵۰۰ واحد موجودی به طور آنی وارد انبار گردیده و سطح موجودی به ۳۰۰ واحد می‌رسد که ابتدا ۲۰۰ واحد کمبود دوره ۱۰ به مصرف کننده تحویل داده می‌شود و باقی موجودی وارد انبار می‌گردد. در طول دوره ۱۱ مصرف وجود ندارد ولی در پایان دوره ۱۱، ۲۰۰ واحد کالا به طور یکباره مصرف و سطح موجودی انبار به ۱۰۰ واحد رسیده است. از ابتدای دوره ۱۲، تا پایان این دوره به تدریج مقدار ۲۰۰ واحد کالا به موجودی انبار

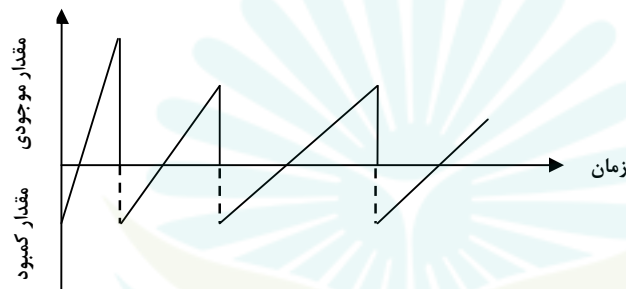
اضافه شده است. توجه به این نکته ضروری است که در این دوازده دوره، انبار در اغلب موارد دارای موجودی مثبت است و تنها در یک دوره (دوره ۱۰) دارای موجودی منفی (کمبود) بوده است. در شکل‌های ۲-۸ تا ۲-۱۶ نمودارهای مختلف موجودی-زمان نشان داده شده‌اند.







شکل ۲-۱۵ دریافت تدریجی و مصرف آنی با در نظر گرفتن موجودی اطمینان



شکل ۲-۱۶ دریافت تدریجی و مصرف آنی در حالت مواجهه با کمبود

۲-۱۲ مسائل حل شده

مثال ۱- سیستم موجودی دوقفسه‌ای (Two Bin System)

- ۱) حالت خاصی از سیستم موجودی مقدار سفارش ثابت محسوب می‌شود.
 - ۲) حالت خاصی از سیستم دوره ثابت محسوب می‌شود.
 - ۳) ترکیبی از دو سیستم فوق است.
 - ۴) جزء هیچ‌یک از دو سیستم فوق نیست.
- پاسخ: با توجه به توضیحات متن گزینه ۱ صحیح می‌باشد.

مثال ۲- کدامیک از موارد زیر جزء هزینه‌های سفارش‌دهی محسوب نمی‌شود؟ (سراسری ۷۶)

- الف- هزینه مرور موجودی (بررسی مقدار موجودی) به منظور اینکه چه مقدار باید سفارش داده شود.
 - ب- هزینه انبار کردن موقتی کالاهای وارده وقتی به مقدار مواد بستگی دارد.
 - ج- هزینه ثابت هر بار دریافت مواد.
 - د- هزینه هر بار حمل مواد وقتی به مقدار مواد بستگی ندارد.
- پاسخ: گزینه ۲، هزینه‌های سفارش‌دهی به مقدار مواد بستگی ندارد.

مثال ۳- هزینه‌های نگهداری سالیانه شرکتی به شرح زیر می‌باشد. اگر میانگین سالیانه حجم سرمایه‌گذاری ۳۷۰۰۰۰ تومان و حداقل نرخ بازگشت سالیانه ۱۹ درصد باشد، درصد هزینه نگهداری سالانه را بدست آورید؟

هزینه‌ها	مبلغ (تومان)
هزینه اجاره	۱۳۰۰۰
هزینه مالیات	۳۳۸۰
هزینه بیمه	۴۴۰۰
هزینه پرسنل	۹۶۰۰
هزینه آب و برق و تلفن	۲۳۰۰
هزینه ضایعات	۴۳۲۰

پاسخ:

$$\text{مجموع هزینه‌ها} = ۱۳۰۰۰ + ۳۳۸۰ + ۴۴۰۰ + ۹۶۰۰ + ۲۳۰۰ + ۴۳۲۰ = ۳۷۰۰۰$$

$$i_1 = 0.19$$

$$i_2 = 37000/370000 = 0.1$$

$$i = i_1 + i_2 = 0.19 + 0.1 = 0.29$$

مثال ۴- مقادیر تقاضای کالایی در ۱۰ ماه آینده در جدول زیر نشان داده شده است. اگر هزینه نگهداری هر واحد کالا در هر ماه برابر ۲ واحد پولی و هزینه هر بار سفارش‌دهی برابر جدول زیر باشد، چنانچه هربار به اندازه تقاضای ۲ ماه سفارش داده شود، هزینه کل (هزینه نگهداری + هزینه سفارش‌دهی) چقدر است؟ (مهندسی صنایع ۸۳)

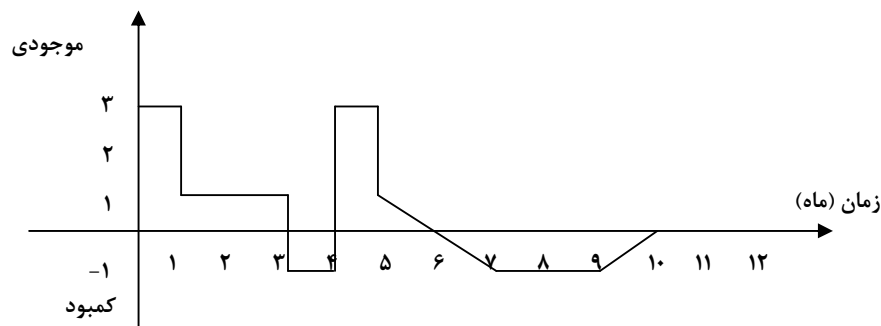
ماه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
تقاضا	۴۰	۳۰	۷۰	۴۰	۶۰	۴۰	۵۰	۷۰	۸۰	۶۰

تعداد سفارش	هزینه سفارش‌دهی
۱-۱۰۰	۵۰ واحد پولی
۱۰۱ و بیشتر	۸۰ واحد پولی

پاسخ: جدول زیر را رسم کرده و با توجه به مقدار سفارش هزینه‌های سیستم را مشخص می‌کنیم:

دوره‌ها	میزان سفارش	هزینه نگهداری	هزینه سفارش‌دهی	هزینه کل
۱				
۲	۷۰	$30 \times 2 = 60$	۵۰	۱۱۰
۳				
۴	۱۱۰	$40 \times 2 = 80$	۸۰	۱۶۰
۵				
۶	۱۰۰	$40 \times 2 = 80$	۵۰	۱۳۰
۷				
۸	۱۲۰	$70 \times 2 = 140$	۸۰	۲۲۰
۹				
۱۰	۱۴۰	$60 \times 2 = 120$	۸۰	۲۰۰
جمع کل				۸۲۰

مثال ۵- در طول ۱۲ ماه قبل، موجودی خالص یک محصول به شکل زیر می باشد، مطلوبست:



الف- اگر هزینه هر تن کمبود برابر ۱ تومان و هزینه کمبود وابسته به هر تن کمبود ۱۰ تومان در ماه باشد، کل هزینه کمبود در طی ۱۲ ماه قبل را محاسبه کنید.

ب- متوسط تعداد کمبود طی ۱۲ ماه چقدر است؟

ج- اگر هزینه نگهداری هر تن ۱۰ تومان در ماه باشد، کل هزینه نگهداری در سال را بدست آورید.

پاسخ:

الف-

$$۲ = ۱(۱ + ۱) = \text{هزینه کمبود مستقل از زمان}$$

$$۴۰ = ۱۰ \{ ۱ + ((۲ + ۴) / ۲) \times ۱ \} = \text{هزینه کمبود وابسته به زمان}$$

$$\text{تومان } ۴۲ = ۲ + ۴۰ = \text{کل هزینه کمبود}$$

ب-

$$۱/۳ = ۴ / ۱۲ = \text{متوسط تعداد کمبود}$$

ج-

$$۸۵ = ۱۰ \{ (۱ \times ۳) + (۱ \times ۲) + (۱ \times ۳) + ۱/۲ \} = \text{کل هزینه نگهداری}$$

مثال ۶- در طبقه بندی کالاهای درون انبار، کالاهای نوع A کالاهایی هستند که:

(۱) بیشترین حجم و کمترین ارزش هر واحد را دارند.

(۲) کمترین حجم و بیشترین ارزش هر واحد را دارند.

(۳) مصرف سالیانه آنها برحسب پول بیشترین مقدار را دارد.

(۴) بیشترین درصد اقلام در انبار را تشکیل می دهند.

پاسخ: براساس توضیحات متن گزینه ۳ صحیح است.

مثال ۷- در آنالیز ABC، اقلامی که شامل بیشترین درصد اقلام بوده ولی کمترین درصد حجم پولی را دارا هستند، عبارت است از:

(۴) گروه A و B

(۳) گروه C

(۲) گروه B

(۱) گروه A

پاسخ: براساس توضیحات متن گزینه ۳ صحیح است.