



مدیریت موجودی Inventory Management

Lecture 9



نقش موجودی

- برای برآورده نمودن تقاضای پیش بینی شده
- هموارسازی تولید
- پشتیبانی از فرآیند تولید-توزیع
- جلوگیری از کمبود محصول / اقلام تولیدی
- بهره برداری بهینه از سیکل سفارش دهی
- استفاده از تخفیف تعدادی خرید و یا جلوگیری از افزایش قیمت



واژه های کلیدی در موجودی Key Inventory Terms

- **Lead time:** time interval between ordering and receiving the order
دوره تحویل : فاصله زمانی بین سفارش تا دریافت
- **Holding (carrying) costs:** cost to carry an item in inventory for a length of time, usually a year
هزینه نگهداری: هزینه نگهداری یک قلم کالا برای یک دوره ، معمولاً سالیانه
- **Ordering costs:** costs of ordering and receiving inventory
هزینه سفارش : هزینه سفارش و دریافت کالا
- **Shortage costs:** costs when demand exceeds supply
هزینه کمبود: هزینه های ناشی از تقاضای بیش از تامین

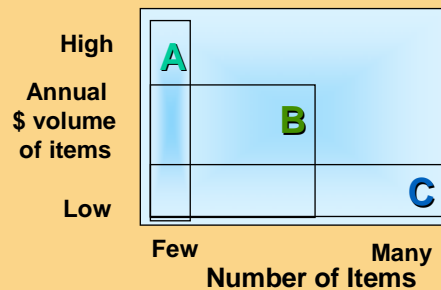
9-3



طبقه بندی ABC

طبقه بندی موجودی بر اساس معیارهای اهمیت و تخصیص انرژی کنترلی به اثربخشی و کارایی نظام مدیریت موجودی کمک میکند

- A** - very important
- B** - mod. important
- C** - least important



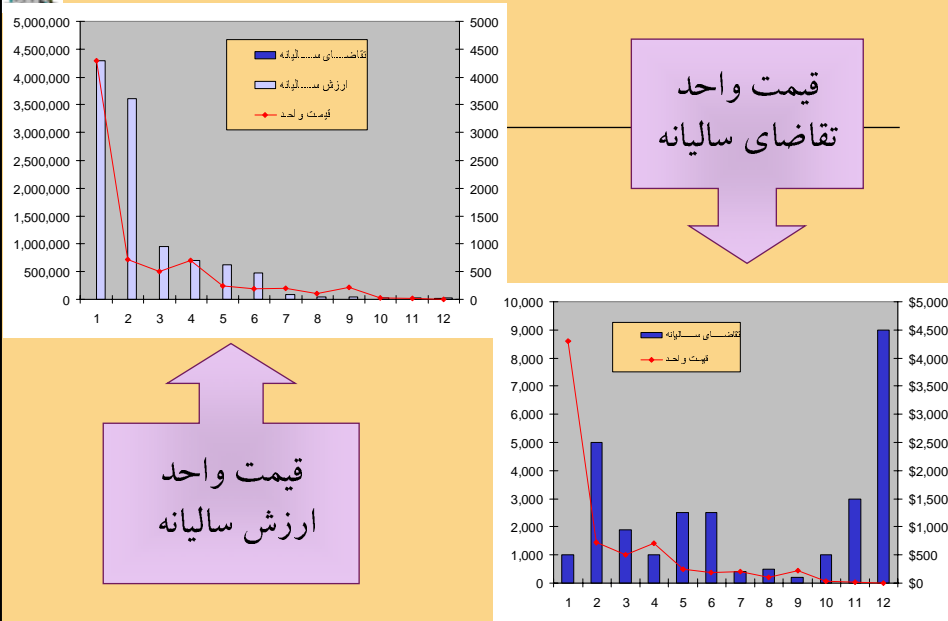
9-4



مثال : گروه بندی اقلام

Item	تقاضای سالانه	قیمت واحد	ارزش سالانه
1	1,000	\$4,300	\$4,300,000
2	5,000	720	3,600,000
3	1,900	500	950,000
4	1,000	710	710,000
5	2,500	250	625,000
6	2,500	192	480,000
7	400	200	80,000
8	500	100	50,000
9	200	210	42,000
10	1,000	35	35,000
11	3,000	10	30,000
12	9,000	3	27,000

9-5



9-6



نکاتی در خصوص گروه بندی

APICS, formerly known as the American Production and Inventory Control Society, recommends the following guidelines for inventory record accuracy: ± 0.2 percent for A items, ± 1 percent for B items, and ± 5 percent for C items.

A items generally account for about 15 to 20 percent of the number of items in inventory but about 60 to 70 percent of the dollar usage. At the other end of the scale, C items might account for about 60 percent of the number of items but only about 10 percent of the dollar usage of an inventory.

9-7



مدلهای کنترل موجودی

- Economic order quantity model سفارش تعداد اقتصادی
- Quantity discount model مدل تخفیف تعدادی
- Fixed-order-interval model مدل سفارش با دوره ثابت
- Single period model مدل ساده تک دوره ای

9-8



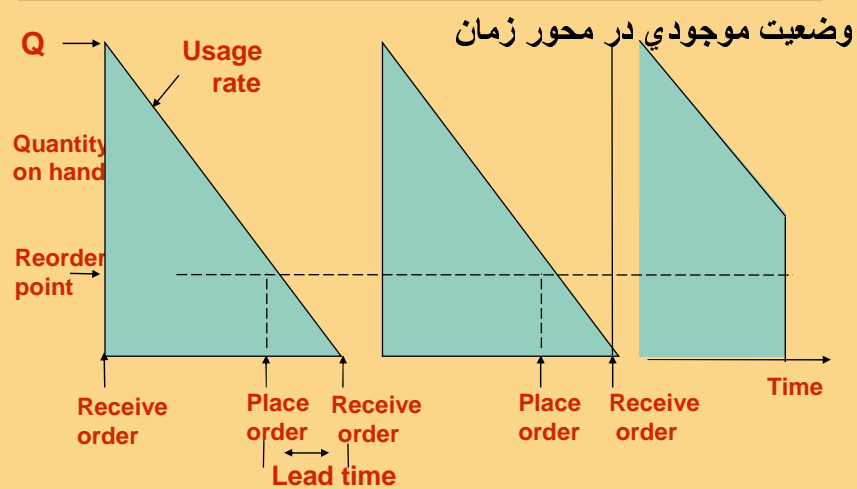
فرضیات مدل تعداد سفارش اقتصادی Assumptions of EOQ Model

- فقط یک محصول
- تقاضای سالیانه معلوم
- تقاضا در طی سال توزیع شده است
- دوره تحویل تغییر نمیکند
- هر سفارش در یک محموله تحویل میشود
- تخفیف وجود ندارد

9-9



تناوب موجودی The Inventory Cycle

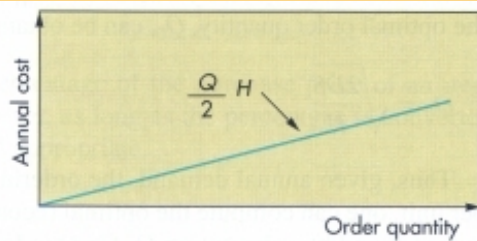


9-10

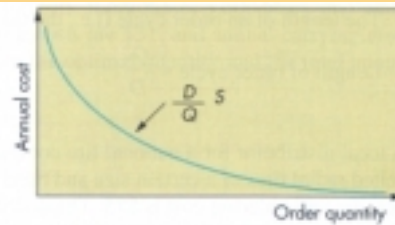


هزینه های موجودی

A. Carrying costs are linearly related to order size.



B. Ordering costs are inversely and nonlinearly related to order size.



9-11

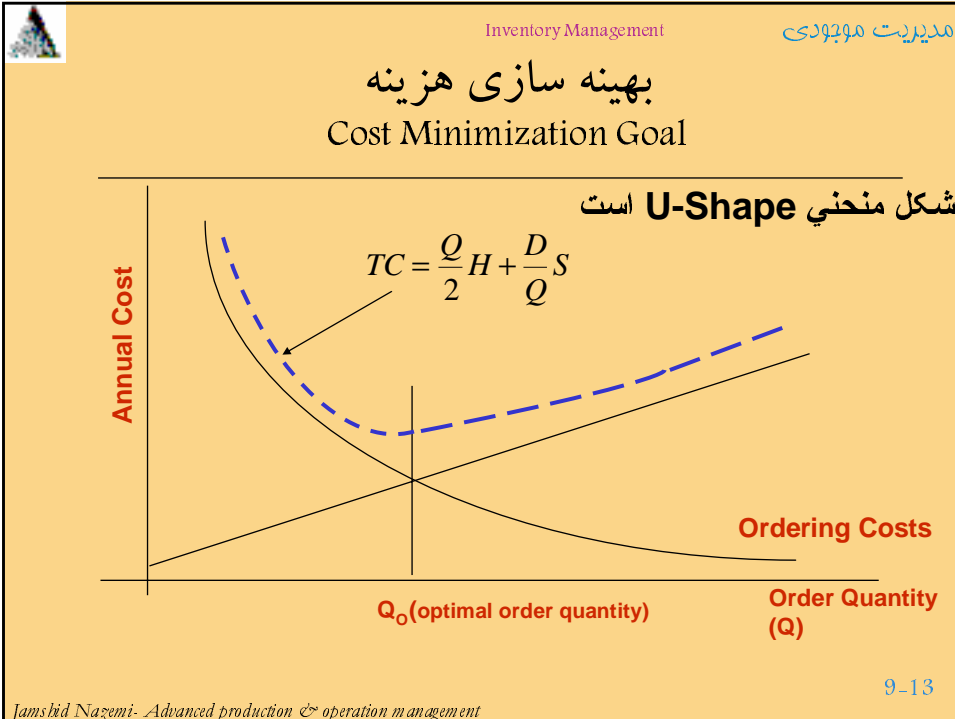


هزینه کل

Total cost = Annual carrying cost + Annual ordering cost

$$TC = \frac{Q}{2} H + \frac{D}{Q} S$$

9-12



مدیریت موجودی

Inventory Management

حداقل هزینه Minimum Total Cost

منحنی هزینه در نقطه بهینه است اگر
هزینه سفارش با هزینه نگهداری مساوی شود

$$Q_{OPT} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(\text{Annual Demand})(\text{Order or Setup Cost})}{\text{Annual Holding Cost}}}$$

9-14

Iamsbid Nazemi- Advanced production & operation management



مثال

- یک توزیع کننده تایر خودرو انتظار فروش 9600 تایر را در سال دارد. اگر هزینه نگهداری 16 هزار تومان و هزینه سفارش دهی 75 هزار تومان باشد. اگر عملیات سالیانه 288 روز باشد

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(9,600)(75)}{16}} = 300 \text{ tires}$$

— مقدار بهینه اقتصادی چیست؟

$$\text{Number of orders per year: } \frac{D}{Q_0} = \frac{9,600 \text{ tires}}{300 \text{ tires}} = 32$$

— چه تعداد دفعاتی در سال سفارش انبار صادر میشود؟

$$\text{Length of order cycle: } \frac{Q_0}{D} = \frac{300 \text{ tires}}{9,600 \text{ tires}} = \frac{1}{32} \text{ of a year} \Rightarrow \frac{1}{32} \times 288 = 9 \text{ workdays}$$

— طول دوره هر سفارش چه مقدار است؟

— هزینه کل این سیستم سفارش چیست؟

- $D = 9,600$ tires per year $H = \$16$ per unit per year $S = \$75$

$$\begin{aligned} TC &= \text{carrying cost} + \text{ordering cost} \\ &= \frac{Q_0}{2} H + \frac{D}{Q_0} S \\ &= \frac{300}{2} \$16 + \frac{9,600}{300} \$75 \\ &= \$2,400 + \$2,400 \\ &= \$4,800 \end{aligned}$$

9-15



مدل اقتصادی تولید

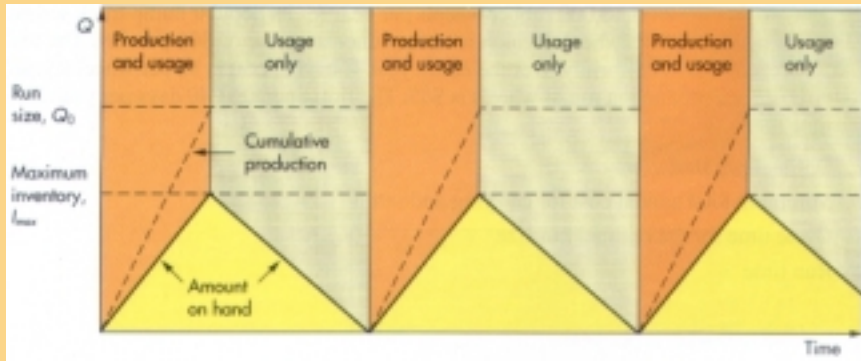
- فقط یک محصول
- تقاضای سالیانه معلوم
- مصرف ثابت است
- مصرف پیوسته است اما تولید دوره ای انجام میشود
- نرخ تولید ثابت است
- تخفیف وجود ندارد

9-16



مدل اقتصادی تولید

Economic Production Quantity Model



9-17



هزینه کل

$$TC_{min} = \text{carrying cost} + \text{setup cost} = \frac{I_{max}}{2} H + \frac{D}{Q_0} S$$

$$I_{max} = \frac{Q_0}{p} (p - u) \quad \text{and} \quad I_{average} = \frac{I_{max}}{2}$$

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \sqrt{\frac{p}{p-u}}$$

$$\text{cycle time} = \frac{Q_0}{u}$$

$$\text{production rate} = \frac{Q_0}{p}$$

9-18



مثال : ساخت اسباب بازی

- یک اسباب بازی فروش ساخت 48000 چرخ کامیون اسباب بازی تولید میکنند. کارخانه تولیدی معادل 800 عدد در روز تولید میکند. هزینه نگهداری 1 هزار تومان برای هر چرخ در سال است. هزینه راه اندازی خط برای هر بار تولید 45 هزار تومان است. کارخانه 240 روز در سال کار میکند. تعیین کنید

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \sqrt{\frac{p}{p-u}} = \sqrt{\frac{2(48,000)45}{1}} \sqrt{\frac{800}{800-200}} = 2,400 \text{ wheels} \quad \text{— اندازه بهینه}$$

$$TC_{\max} = \text{carrying cost} + \text{setup cost} = \frac{I_{\max}}{2} H + \frac{D}{Q_0} S$$

$$I_{\max} = \frac{Q_0}{p} (p-u) = \frac{2,400}{800} (800-200) = 1,800 \text{ wheels}$$

$$TC = \frac{1,800}{2} \times \$1 + \frac{48,000}{2,400} \times \$45 = \$900 + \$900 = \$1,800$$

— حداقل هزینه برای نگهداری و راه اندازی

$$\text{Cycle time} = \frac{Q_0}{u} = \frac{2,400 \text{ wheels}}{200 \text{ wheels per day}} = 12 \text{ days}$$

Thus, a run of wheels will be made every 12 days.

— سیکل زمانی برای اندازه بهینه تولید

$$\text{Run time} = \frac{Q_0}{p} = \frac{2,400 \text{ wheels}}{800 \text{ wheels per day}} = 3 \text{ days}$$

Thus, each run will require 3 days to complete.

— دوره زمانی تولید

9-19



نقطه بهینه سفارش در حالت تخفیف

9-20



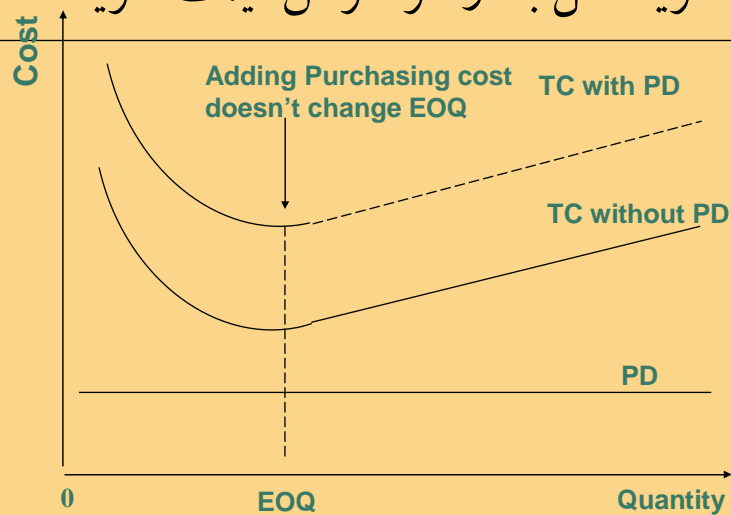
تخفیف مقداری Quantity Discounts

$$TC = \text{Annual carrying cost} + \text{Annual ordering cost} + \text{Purchasing cost}$$

$$TC = \frac{Q}{2}H + \frac{D}{Q}S + PD$$



هزینه کل با در نظر گرفتن قیمت خرید

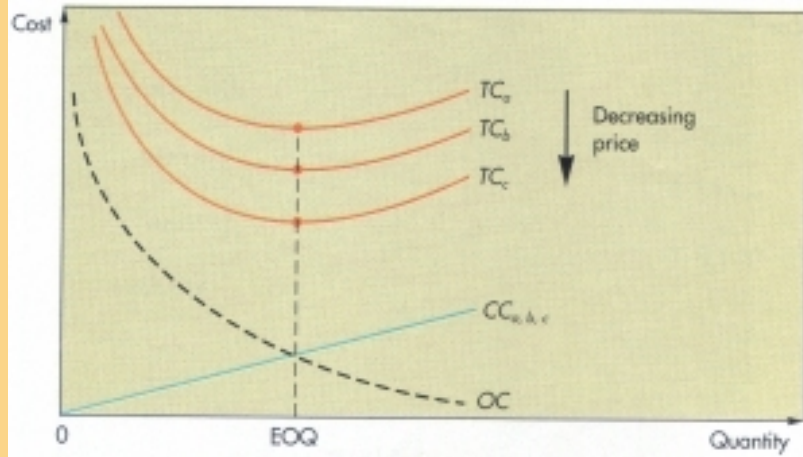




هزینه کل با هزینه نگهداری ثابت

Total Cost with Constant Carrying Costs

با کاهش قیمت خرید منحنی هزینه کل به سمت کاهش شیفت میکند

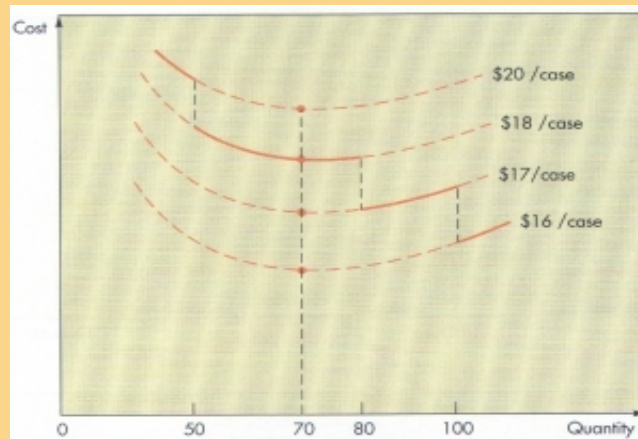


9-23



هزینه کل با هزینه نگهداری ثابت

Total Cost with Constant Carrying Costs



با افزایش تعدادی و اخذ تخفیف هزینه کل کاهش گسسته خواهد داشت

9-24



هزینه کل با هزینه نگهداری ثابت

Total Cost with Constant Carrying Costs

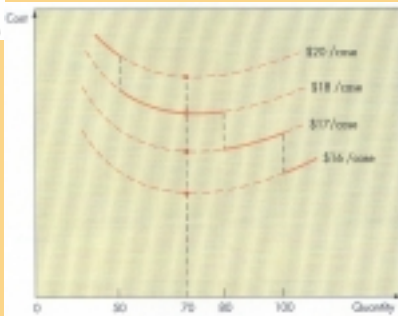
• الگوریتم روش تعیین نقطه بهینه

- نقطه بهینه را بر اساس روش نقطه اقتصادی تعیین کنید. (مستقل از قیمت)
- اگر نقطه بهینه برای منحنی مربوط به حداکثر تخفیف باشد جواب حاصل است
- اگر این نقطه برای هر منحنی (تخفیف) در محدوده تخفیف واقع شد برای سایر تخفیفهای بیشتر هزینه کل را برای نقطه شروع تخفیف محاسبه نمایید
- کمترین هزینه را انتخاب کنید

9-25



مثال



$$\sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(816)12}{4}} = 70 \text{ cases}$$

$$\begin{aligned} TC_{70} &= \text{carrying cost} + \text{ordering cost} + \text{purchase cost} \\ &= \frac{Q}{2}H + \frac{D}{Q}S + PD \\ &= \frac{70}{2}4 + \frac{816}{70}12 + 18(816) = \$14,968 \end{aligned}$$

$$TC_{80} = (80/2)4 + (816/80)12 + 17(816) = \$14,154$$

$$TC_{100} = (100/2)4 + (816/100)12 + 16(816) = \$13,354$$

- واحد تعمیرات یک کارخانه از 816 قوطی روغن برای روغنکاری ماشین آلات استفاده میکند. اگر هزینه سفارش 12 هزار تومان، هزینه نگهداری 4 هزار تومان در سال و قیمت خرید به صورت زیر باشد، مقدار سفارش اقتصادی را تعیین نماید.

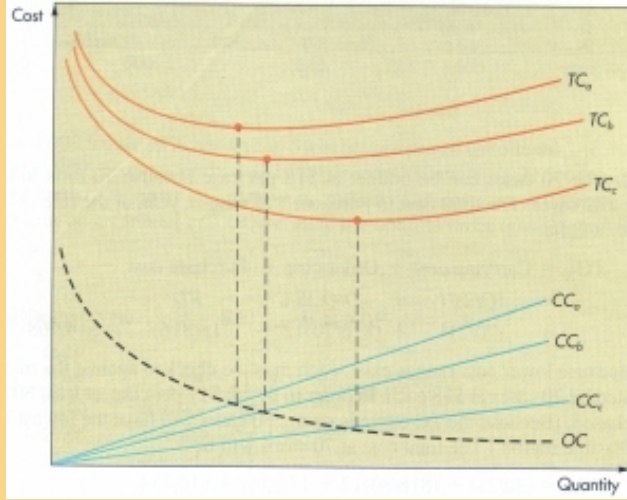
- کمتر از 50، 20 هزار تومان
- بین 50 تا 79، 18 هزار تومان
- بین 80 تا 99، 17 هزار تومان
- برای مقادیر بیشتر 16 هزار تومان

9-26



هزینه کل با هزینه نگهداری متغیر

Total Cost with Variable Carrying Costs

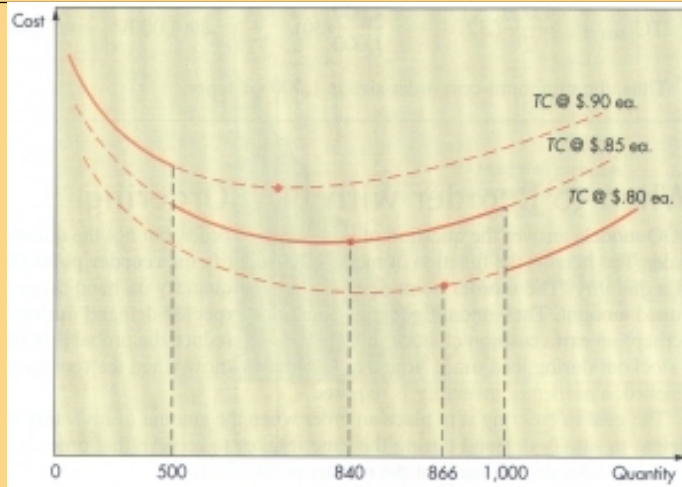


9-27



هزینه کل با هزینه نگهداری متغیر

Total Cost with Variable Carrying Costs



با افزایش تعدادی و اخذ تخفیف، هزینه کل با دو کاهش مواجه است که منحنی‌ها موازی نیستند

9-28



هزینه کل با هزینه نگهداری متغیر

Total Cost with Variable Carrying Costs

• الگوریتم روش تعیین نقطه بهینه

- نقطه بهینه را بر اساس روش نقطه اقتصادی برای کمترین قیمت تعیین کنید.
- اگر نقطه بهینه برای منحنی مربوط به این مقدار (حداکثر تخفیف) باشد جواب حاصل است
- در غیر اینصورت برای تخفیف های کمتر این مقدار بهینه را محاسبه نمایید.
- هرگاه این نقطه بهینه برای هر منحنی (تخفیف) در محدوده تخفیف واقع شد برای سایر تخفیف های بیشتر هزینه کل را برای نقطه شروع تخفیف محاسبه نمایید
- کمترین هزینه را انتخاب کنید

9-29



مثال

$D = 4,000$ switches per year, $S = 30$, $H = 0.40\%$

Range	Unit Price	H
1 to 499	\$0.90	\$0.36
500 to 999	\$0.85	\$0.34
1,000 or more	\$0.80	\$0.32

Find the minimum point for each price, starting with the lowest price, until you locate a feasible minimum point.

$$\text{minimum point}_{0.80} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(4,000)30}{0.32}} = 866 \text{ switches}$$

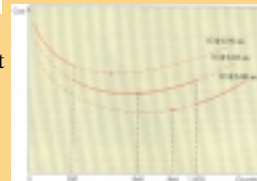
Because an order size of 866 switches will cost \$0.85 each rather than \$0.80 each, 866 is not a feasible minimum point for \$0.80 per switch. Next, try \$0.85 per unit.

$$\text{minimum point}_{0.85} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(4,000)30}{0.34}} = 840 \text{ switches}$$

This is feasible; it falls in the \$0.85 per switch range of 500 to 999. Now compute the total cost for 840, and compare it to the total cost of the minimum quantity necessary to obtain a price of \$0.80 per switch.

$$\begin{aligned} TC_{840} &= \text{carrying cost} + \text{ordering cost} + \text{purchasing cost} \\ &= \frac{Q}{2}H + \frac{D}{Q}S + PD \\ &= \frac{840}{2}(.34) + \frac{4,000}{840}(30) + 0.85(4,000) = \$3,686 \end{aligned}$$

$$TC_{1,000} = \frac{1,000}{2}(.32) + \frac{4,000}{1,000}(30) + 0.80(4,000) = \$3,480$$



9-30



روشهای عملیاتی سفارش

موعد ثبت و اعلام سفارش چه هنگام است؟



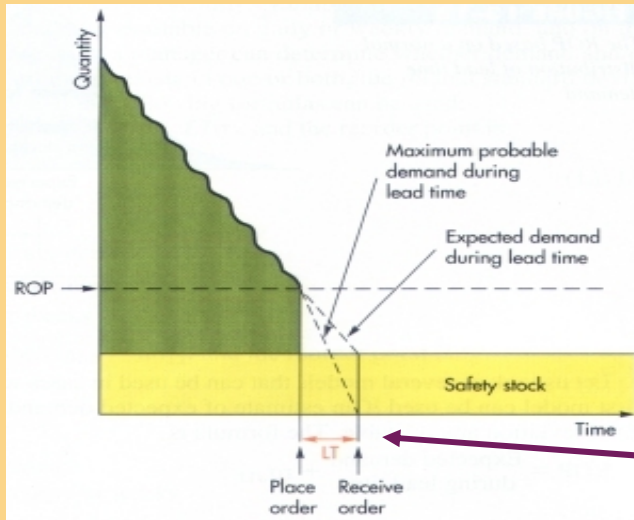
چه هنگام سفارش دهیم؟

When to Reorder with EOQ Ordering

- **نقطه سفارش مجدد:**
 - وقتی مقدار موجودی به عدد مشخصی برسد سفارش صادر میشود
- **موجودی اطمینان:**
 - موجودی برای مواردی که تقاضا و یا دوره تحویل به صورت غیر منتظره زیاد شود
- **سطح خدمت:**
 - احتمال آنکه تقاضا در دوره تحویل بیش از تقاضا شود
 - (احتمال کمبود موجودی-100)
- **Reorder Point** - When the quantity on hand of an item drops to this amount, the item is reordered
- **Safety Stock** - Stock that is held in excess of expected demand due to variable demand rate and/or lead time.
- **Service Level** - Probability that demand will not exceed supply during lead time.
 - $SL=100-\text{stockout risk}$



نقطه سفارش Reorder Point (ROP)



نقطه سفارش به دوره تحویل و قابلیت تامین بستگی دارد

9-33



نقطه سفارش Reorder Point (ROP)

$$ROP = \text{expected demand during lead time} + z \sigma_{dLT}$$

$$ROP = d \times LT$$

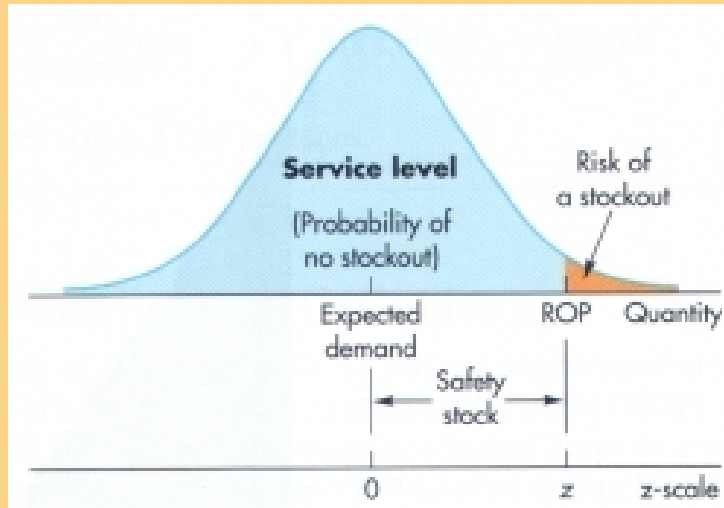
$$ROP = \bar{d} \times LT + z \sqrt{LT} \sigma_d$$

$$ROP = d \times \overline{LT} + z d \sigma_{LT}$$

$$ROP = \bar{d} \times \overline{LT} + z \sqrt{\overline{LT} \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \sigma_{LT}^2}$$

9-34

نقطه سفارش Reorder Point (ROP)



9-35

کمبود و سطح خدمت Shortage and Service Level

$$E(N) = E(z) \sigma_{dLT}$$

$$E(N) = E(z) \frac{D}{Q}$$

$$SL_{\text{annual}} = 1 - \frac{E(N)}{D}$$

$$SL_{\text{annual}} = 1 - \frac{E(z) \sigma_{dLT}}{Q}$$

9-36



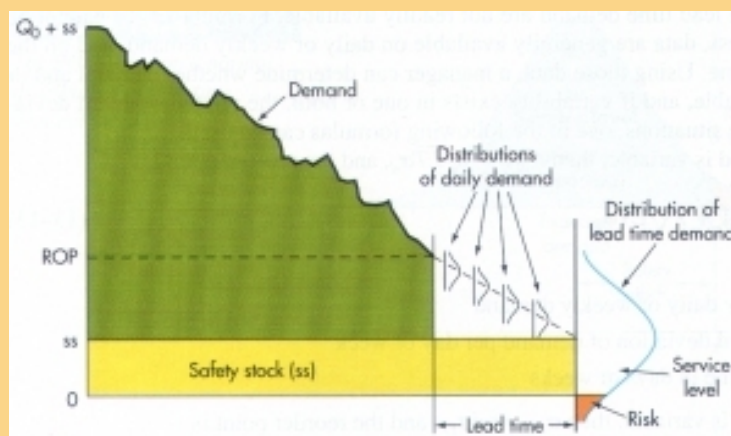
مثال

- Suppose that the manager of a construction supply house determined from historical records that demand for sand during lead time averages 50 tons. In addition, suppose the manager determined that demand during lead time could be described by a normal distribution that has a mean of 50 tons and a standard deviation of 5 tons. Answer these questions, assuming that the manager is willing to accept a stockout risk of no more than 3 percent:
- What value of z is appropriate?
- How much safety stock should be held?
- What reorder point should be used?
- Solution: Expected lead time demand = 50 tons, $\sigma_{dLT} = 5$ tons, risk = 3 percent.
- From the probability table of a standard normal distribution, using a service level of $1 - 0.03 = 0.97$, you obtain a value of $z = +1.88$.
- Safety stock = $z\sigma_{dLT} = 1.88(5) = 9.40$ tons.
- ROP = expected lead time demand + safety stock = $50 + 9.40 = 59.40$ tons.

9-37



توزیع تقاضا در دوره تحویل



9-38



مدل سفارش زمان ثابت یا مقدار ثابت

Fixed-Order-Interval Model

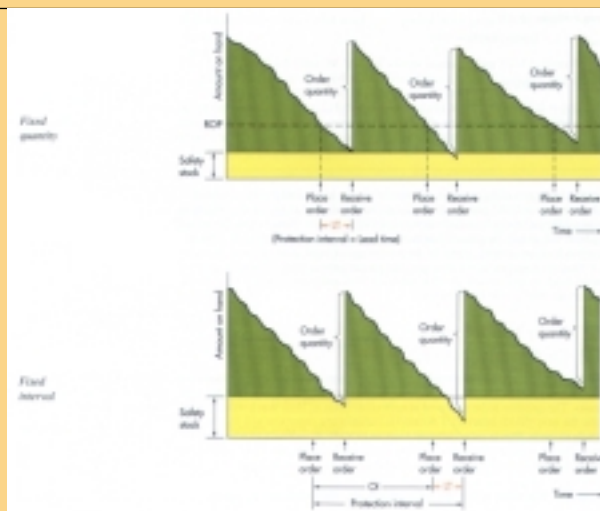
- سفارش در فواصل زمانی ثابت صادر میشود *Fixed interval*
 - مقدار سفارش چه میزان باشد؟
- سفارش با رسیدن به مقدار مشخص از موجودی صادر میشود *Fixed order*
 - مقدار نقطه سفارش چه میزان است؟
- تامین کنندگان سفارش در فواصل ثابت زمانی را بیشتر می پسندند
 - در این حالت نیاز به کنترل موجودی فقط در زمانهای مشخص وجود دارد و لذا سیستم ساده است

9-39



مدل سفارش زمان ثابت یا مقدار ثابت

Fixed-Order-Interval Model



9-40



مدل سفارش زمان ثابت

Fixed Interval Model

$$\begin{aligned} \text{amount to order} &= \text{expected demand during interval} + \text{safety stock} - \text{amount on hand} \\ &= \bar{d}(OI + LT) + z\sigma_d\sqrt{OI + LT} - A \end{aligned}$$

where

OI = order interval (length of time between orders)

A = amount on hand at reorder time

9-41



ریسک کمبود موجودی

$$ROP = \bar{d} \times LT + z\sqrt{LT}\sigma_d$$

$$\text{amount to order} = \bar{d}(OI + LT) + z\sigma_d\sqrt{OI + LT} - A$$

9-42



فواید مدل سفارش زمان ثابت

Fixed Interval Model

- کنترل دقیق اقلام با اهمیت زیاد (گروه الف)
- اقلام ارسالی از یک سازنده سودهای مناسبی را ایجاد میکند
 - سفارش دهی
 - بسته بندی
 - هزینه حمل
- برای مواردیکه کنترل موجودی و تعیین وضعیت آن مشکل باشد روشی عملی است

9-43



معایب مدل سفارش زمان ثابت

Fixed interval model

- نیاز به موجودی بیشتر دارد
- هزینه نگهداری بیشتر میشود
- هزینه هر دوره کنترل موجودی ایجاد میشود

9-44



مدل سفارش یک دوره ای

Single Period Model

- Single period model: model for ordering of perishables and other items with limited useful lives
 - Shortage cost: generally the unrealized profits per unit
 - Excess cost: difference between purchase cost and salvage value of items left over at the end of a period
- مدل سفارش یک دوره ای:
 - مدل برای سفارش اقلام دارای تاریخ مصرف
 - هزینه کمبود:
 - سود بالقوه حاصل نشده برای هر واحد کالا
 - هزینه مازاد:
 - تفاوت هزینه خرید و قیمت اسقاط / ضایعات پس از تاریخ مصرف کالا

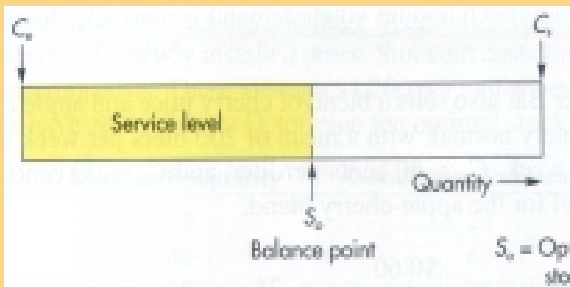
9-45



مدل سفارش یک دوره ای

Single Period Model

- $C_{\text{shortage}} = C_s = \text{revenue per unit} - \text{cost per unit}$
- $C_{\text{excess}} = C_e = \text{original cost per unit} - \text{salvage value per unit}$



$$\text{service level} = \frac{C_s}{C_s + C_e}$$

where

 $C_s = \text{shortage cost per unit}$ $C_e = \text{excess cost per unit}$ $S_o = \text{Optimum stocking quantity}$

9-46



مدل سفارش یک دوره ای Single Period Model

- سطوح پیوسته موجودی
 - شناسایی سطوح بهینه موجودی
 - سطح بهینه موجودی توازن هزینه کمبود و هزینه موجودی مازاد است
- سطوح گسسته موجودی
 - سطح خدمت بیشتر گسسته است تا پیوسته
 - سطح خدمت مورد انتظار مساوی یا بیشتر است

9-47



استراتژی عملیات

- موجودی زیاد
 - مشکلات را پنهان میکند
 - زندگی در کنار مشکلات بهتر از حل آنست
 - پر هزینه است
- استراتژی عاقلانه
 - کاهش اندازه دسته های تولیدی / خرید
 - کاهش موجودی اطمینان

9-48