



# Capacity Planning

## برنامه ریزی ظرفیت

Lecture 5



## Overview

- اهمیت تصمیم در تعیین ظرفیت
- اندازه گیری ظرفیت
- تعیین نیازهای ظرفیتی
- ایجاد و ارزیابی راه حل‌های ظرفیتی



## Capacity Planning

- ظرفیت حد بالا یا سقف باری است که یک واحد عملیاتی میتواند بردارد
- فرآیندی پیوسته است که مدیران را قادر میسازد تا قابلیت تولید را بر حسب ورودی یا خروجی کمی نمایند



## واحدهای اندازه گیری ظرفیت

- بشکه در روز
- تن فولاد در سال
- بیمار پذیرش شده در ماه
- متر مکعب خاک حمل شده
- تعداد دانشجوی فارغ التحصیل در سال



## چرا برنامه ریزی ظرفیت مهم است؟

1. قابلیت سازمان را برای برآورده نمودن تقاضای آتی معین میکند
2. بر روی هزینه عملیاتی موثر است
3. تعیین کننده هزینه اولیه
4. تعیین کننده منابع دراز مدت
5. موثر بر قابلیت رقابتی
6. سهولت در مدیریت



## اندازه گیری ظرفیت

- ظرفیت طراحی شده **Design capacity**
  - حداکثر خروجی ممکن
- ظرفیت موثر **Effective capacity**
  - حداکثر ظرفیت با فرض مشخص بودن ترکیب تولید ، مشکلات برنامه ریزی تولید و کلیه واقعیتهای تولیدی
- تولید واقعی **Actual output**
  - تولید واقعی که عملاً محقق شده است - از ظرفیت موثر نمیتواند بیشتر باشد



## Capacity Measures: Utilization and Efficiency

برنامه ریزی ظرفیت

راندمان و بهره برداری

$$\text{Utilization} = \frac{\text{Actual output}}{\text{Design capacity}}$$

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Actual output}}{\text{Effective capacity}}$$



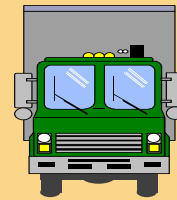
برنامه ریزی ظرفیت

مثال

Design capacity = 50 trucks/day

Effective capacity = 40 trucks/day

Actual output = 36 units/day



$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Actual output}}{\text{Effective capacity}} = \frac{36 \text{ units/day}}{40 \text{ units/day}} = 90\%$$

$$\text{Utilization} = \frac{\text{Actual output}}{\text{Design capacity}} = \frac{36 \text{ units/day}}{50 \text{ units/day}} = 72\%$$

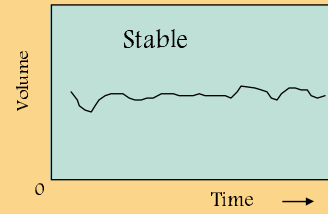
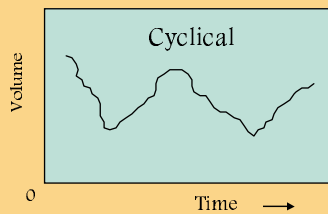
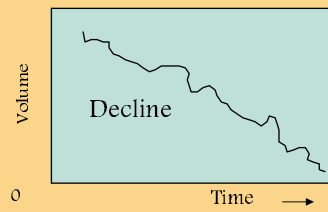
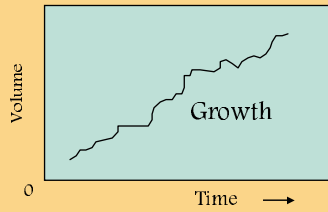
عوامل تعیین کننده ظرفیت موثر

- |                            |                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|
| A. Facilities              | 4. Motivation                     |
| 1. Design                  | 5. Compensation                   |
| 2. Location                | 6. Learning rates                 |
| 3. Layout                  | 7. Absenteeism and labor turnover |
| 4. Environment             | E. Operational                    |
| B. Product/Service         | 1. Scheduling                     |
| 1. Design                  | 2. Materials management           |
| 2. Product or service mix  | 3. Quality assurance              |
| C. Process                 | 4. Maintenance policies           |
| 1. Quantity capabilities   | 5. Equipment breakdowns           |
| 2. Quality capabilities    | F. External factors               |
| D. Human factors           | 1. Product standards              |
| 1. Job content             | 2. Safety regulations             |
| 2. Job design              | 3. Unions                         |
| 3. Training and experience | 4. Pollution control standards    |

تصمیم گیری در خصوص ظرفیت

- تصمیم گیری در مورد ظرفیت از دو بخش اصلی ناشی میشود
- نیازهای دراز مدت
  - تبدیل پیش بینی تقاضا برای دوره درازمدت به ظرفیت
- نیازهای کوتاه مدت
  - نوسانات ناشی از توزیع احتمالی تقاضا

حالت‌های مختلف روند (تغییرات) تقاضا



نکات مهم در برنامه ریزی ظرفیت

## اقتصاد (اندازه، ظرفیت، فرآیند)

کارخانه	ظرفیت	حجم تولید	تکنولوژی فرآیند	هزینه واحد تولید
الف	100	100	X	\$1 برای هر واحد
ب		40	X	بیش از \$1 برای هر واحد
ج	200	200	X	کمتر از \$1 برای هر واحد
د		200	Y	خیلی کمتر از \$1 برای هر واحد

## اقتصاد اندازه

## Economies of volume

- تفاوت دو کارخانه الف و ب در چیست؟
  - ظرفیت مشابه است
  - تکنولوژی مشابه است
  - قابلیت بازاریابی و فروش در کارخانه ب کمتر است لذا تولید کمتر است
  - به دلیل عدم استفاده از ظرفیت موجود، هزینه تولید برای واحد محصول در کارخانه ب بیشتر است
- اگر از اندازه منظور حجم باشد تفاوت کارخانه الف و ب ، اقتصاد اندازه است



## اقتصاد اندازه Economies of capacity

- تفاوت دو کارخانه الف و ج در چیست؟
  - ظرفیت کارخانه ج دو برابر کارخانه الف است. دو خط مشابه دارد
  - تکنولوژی مشابه است
  - به دلیل وجود ظرفیت و همچنین تولید بیشتر، هزینه های ثابت به همان نسبت افزایش تولید زیاد نشده و در زمینه موجودی در جریان، هزینه های نگهداری ماشین آلات صرفه جویی میشود لذا هزینه تولید برای واحد محصول در کارخانه ج کمتر از کارخانه الف است
- اگر از اندازه منظور ظرفیت باشد تفاوت هزینه تولید کارخانه الف و ج، اقتصاد اندازه است

5-15



## اقتصاد اندازه Economies of process technology

- تفاوت دو کارخانه ج و د در چیست؟
  - ظرفیت کارخانه ج برابر کارخانه د است.
  - تکنولوژی دو کارخانه متفاوت است
  - به دلیل وجود اتوماسیون بیشتر در کارخانه د، هزینه های متغیر کاهش یافته است زیرا ضمن وجود اتوماسیون و کاهش نیروی انسانی لازم، تخصص مورد نیاز نیروی انسانی کاهش یافته و از نیروی ارزان قیمت میتوان استفاده نمود. لذا هزینه تولید برای واحد محصول در کارخانه د کمتر از کارخانه ج است
- اگر از اندازه منظور تکنولوژی فرآیند باشد در آنصورت کاهش هزینه ناشی از فرآیند تولید ج و د، اقتصاد اندازه است

5-16



## نکات مهم در برنامه ریزی ظرفیت

- انعطاف در سیستم دیده شود
- محصولات جدید از محصولات بالغ شده جدا شود
- تصویری بزرگ از آینده برداشته شود
- برای کمبودهای ظرفیتی آماده شوید
- نیازهای ظرفیتی را هموار نمایید
- سطح بهینه تولید را شناسایی نمایید

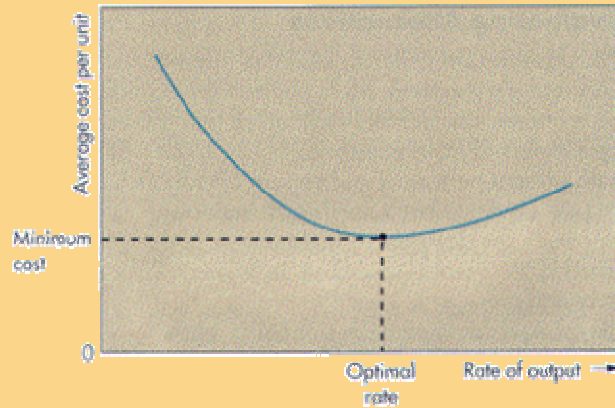


## نکات مهم در برنامه ریزی ظرفیت

- برنامه ریزی پویای ظرفیت
  - سیستمی را طراحی نمایید که بین بهره برداری ناقص و بهره برداری بیشتر از اندازه نوسان نماید. راه حل ساده ای وجود ندارد ولی حالت‌های ممکن عبارتند از:
    - شناسایی محصولاتی که الگوی تقاضای آنها مکمل یکدیگر است.
    - استفاده از اضافه کاری
    - به پیمان دادن برخی فعالیتها
    - سفارش دهی اقلام در مواردی که تقاضا کم است

## نکات مهم در برنامه ریزی ظرفیت

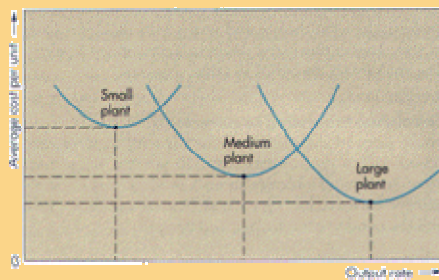
سطح بهینه عملیاتی را تعیین نماید



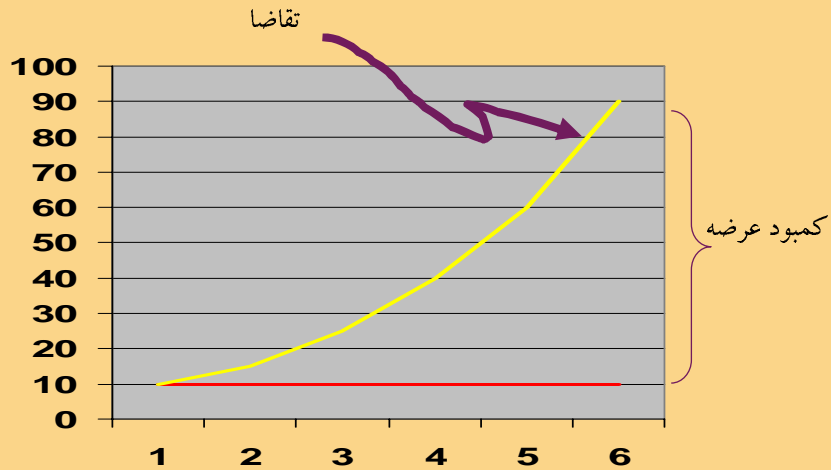
## نکات مهم در برنامه ریزی ظرفیت

- هزینه عملیاتی بهینه و حداقل هزینه تابعی از ظرفیت واحد تولیدی / خدماتی است

– هر چه ظرفیت یک کارخانه افزایش یابد ، تولید ( خروجی) افزایش می یابد و حداقل هزینه برای نرخ تولید بهینه کاهش می یابد

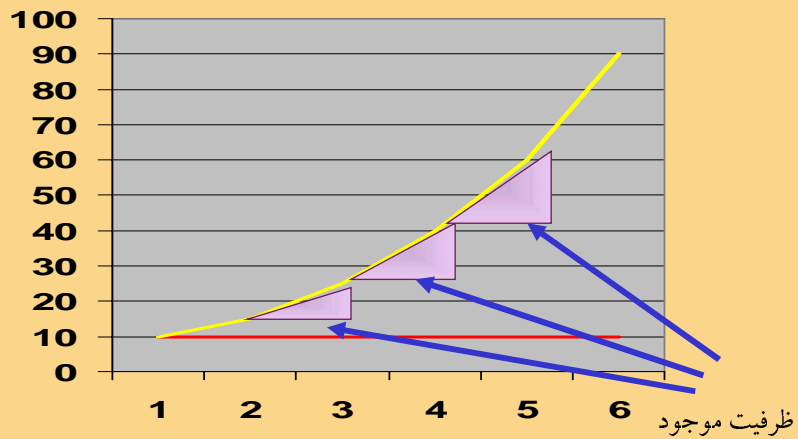


## روشهای افزایش ظرفیت



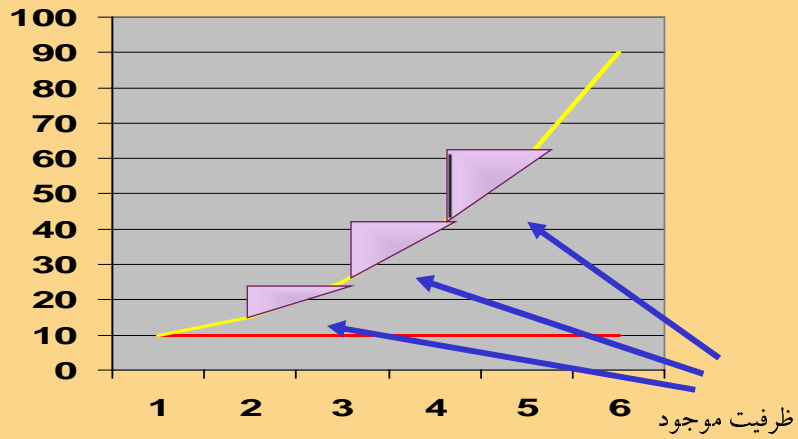
## استراتژی عکس العملی

در این استراتژی ظرفیت با تاخیر نسبت به تقاضا ایجاد میشود



## استراتژی مقابلاتی

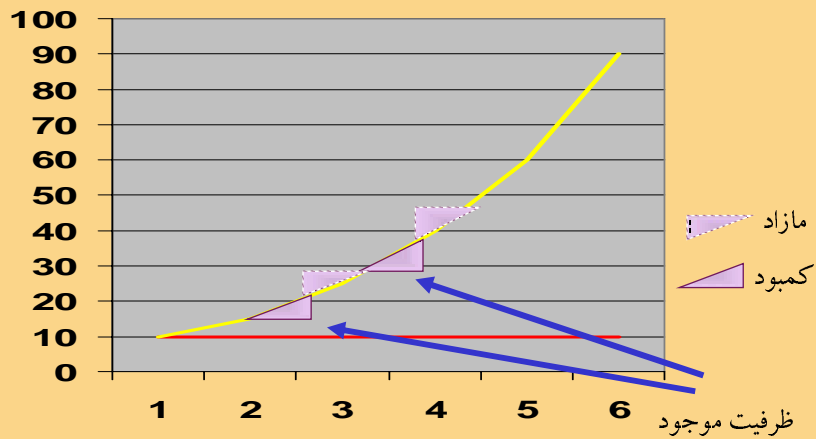
در این استراتژی ظرفیت مثبت نسبت به تقاضا ایجاد میشود



5-23

## استراتژی ارزش مورد انتظار

در این استراتژی ظرفیت تا جای ممکن با تقاضا منطبق است



5-24



## ارزیابی راه‌های ظرفیتی

- بعد از تهیه پیشنهادهای برنامه ظرفیت ، مواردیکه برای ارزیابی راه‌ها لازم است عبارتند از :
  - بررسیهای اقتصادی شامل هزینه‌های توسعه ، تولید و نگهداری
  - در دسترس بودن
  - انتظارات جامعه
  - نکات محیطی
  - جابجایی کارکنان
  - تحلیلهای اقتصادی هزینه - حجم

5-25



## روشهای برنامه ریزی ظرفیت

- تحلیل هزینه مقدار — Cost-volume analysis
- تحلیل اقتصادی Financial analysis
- تئوری تصمیم‌گیری Waiting line analysis
- تحلیل صف انتظار Decision theory

5-26

### تحلیل هزینه - مقدار

- تحلیل هزینه - مقدار یکی از روشهای عمومی برای ارزیابی است که فرضیات زیر را دارد:
  - یک محصول
  - هر محصول تولید شده قابل فروش است
  - هزینه متغیر برای هر واحد ثابت است
  - هزینه ثابت با تغییر حجم تولید تغییر نمیکند یا تغییرات پله ای است
  - درآمد برای هر واحد ثابت است

### Cost-Volume Analysis: Total Cost (TC)

#### تحلیل هزینه کل

هزینه کل برابر است با مجموع هزینه ثابت و حاصلضرب هزینه متغیر برای هر واحد ضربدر تعداد تولید

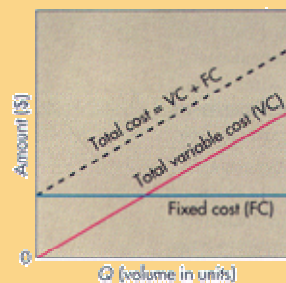
Total cost (TC)

fixed cost (FC)

variable cost per unit (VC)

output volume (Q).

$$TC = FC + VC \times Q$$



A. Fixed, variable, and total costs.

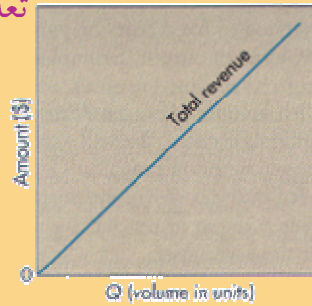


### Cost-Volume Analysis: Total Revenue (TR)

درآمد کل

Total revenue (TR) درآمد کل  
revenue per unit (R) درآمد هر واحد محصول  
output volume (Q) تعداد تولید

$$TR = R \times Q$$



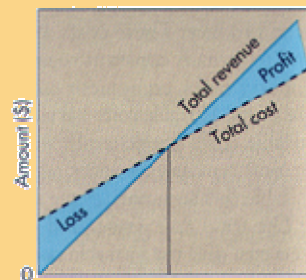
B. Total revenue increases linearly with output.



### Cost-Volume Analysis: Profit (P)

سود

Profit (P)  
total revenue (TR)  
total cost (TC),



C. Profit = TR - TC.

$$P = TR - TC = R \times Q - (FC + VC \times Q) = Q(R - VC) - FC$$

## Cost-Volume Analysis: BEP

تحلیل هزینه - مقدار

مقدار در نقطه سربسر      مقدار لازم برای کسب سود  
مشخص

quantity (Q) to generate a specified profit (P) is      break-even quantity (Q<sub>BEP</sub>) at P=0 is

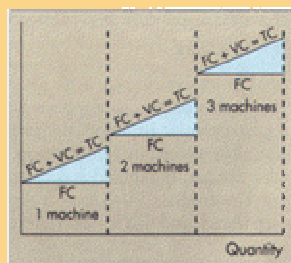
$$Q = \frac{P + FC}{R - VC}$$

$$Q_{BEP} = \frac{FC}{R - VC}$$

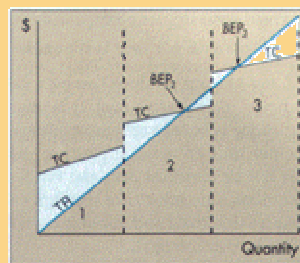
## Cost-Volume Analysis: Step Cost

هزینه پله ای

برای مواردیکه چندین نقطه سربسر موجود باشد، تصمیم گیر بر حسب میزان تقاضای سالیانه نقطه سربسر تعداد ماشین لازم را تعیین میکند



A. Step fixed costs and variable costs.



B. Multiple break-even points.



## Financial Analysis

### تحلیل اقتصادی

- جریان نقدی – تفاوت جریان نقدی ناشی از درآمد فروش و سایر منابع با پرداخت نیروی انسانی، مواد، سربار و مالیات
- ارزش فعلی – مجموع کلیه جریان نقدی ناشی از یک پیشنهاد سرمایه گذاری برای کلیه جریان نقدیهای آینده به ارزش فعلی



## Financial Analysis Methods

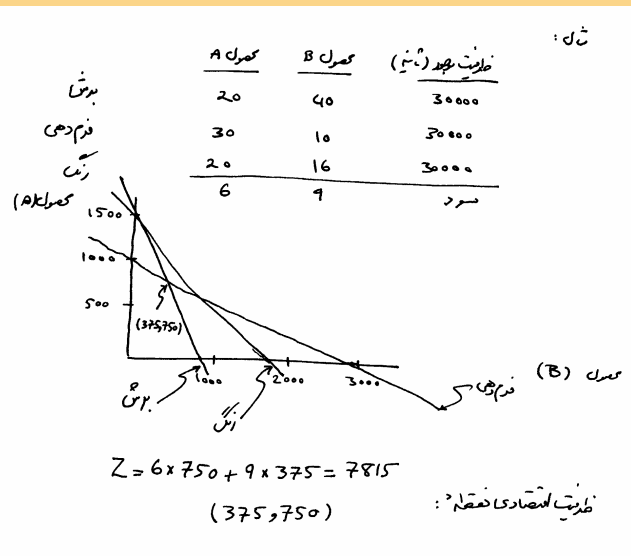
### روشهای تحلیل اقتصادی

- برگشت سرمایه
- ارزش فعلی (PV) Present Value
- نرخ بازگشت داخلی (IRR) Internal Rate of Return
- قواعد تصمیم گیری
  - برای شرایط ریسک و عدم اطمینان
- تحلیل صف انتظار
  - برای طراحی سیستم خدماتی

## روشهای کمی

### برنامه ریزی ظرفیت

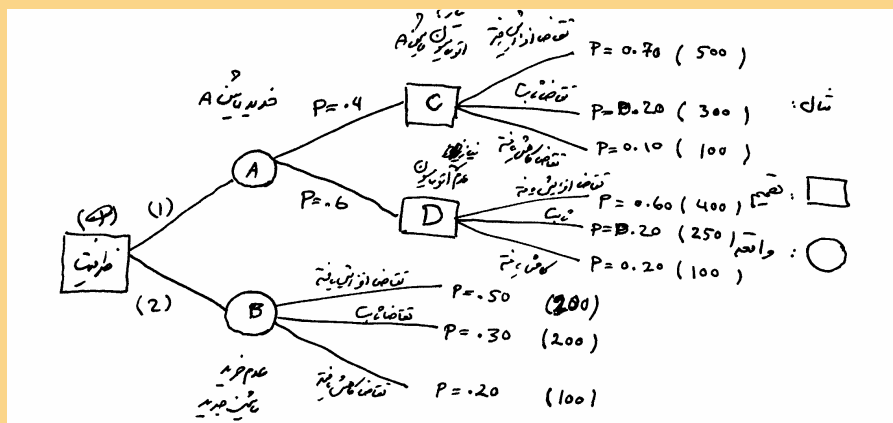
## برنامه ریزی خطی



## درخت تصمیم گیری

- فاز یک - تهیه درخت
  - شناسایی کلیه راه حلها و توالی آنها
  - شناسایی احتمال وقوع هر تصمیم
  - ایجاد نمودار درختی تصمیم
- فاز دو - تخمین
  - محاسبه احتمال وقوع هر واقعه
  - محاسبه تخمین اقتصادی برای کلیه واقعه ها
- فاز سه - ارزیابی و انتخاب
  - محاسبه مقدار مورد انتظار
  - انتخاب اقدام بر اساس میزان مورد انتظار

## ارزیابی راه حلها



## ارزش زمانی پول

- برای ارزیابی سرمایه گذاریها ارزش زمانی پول مورد بررسی قرار میگیرد زیرا ارزش زمانی پول آینده با ارزش پول فعلی برابر نیست.
- اگر در زمان حال  $p$  ریال داشته باشیم:

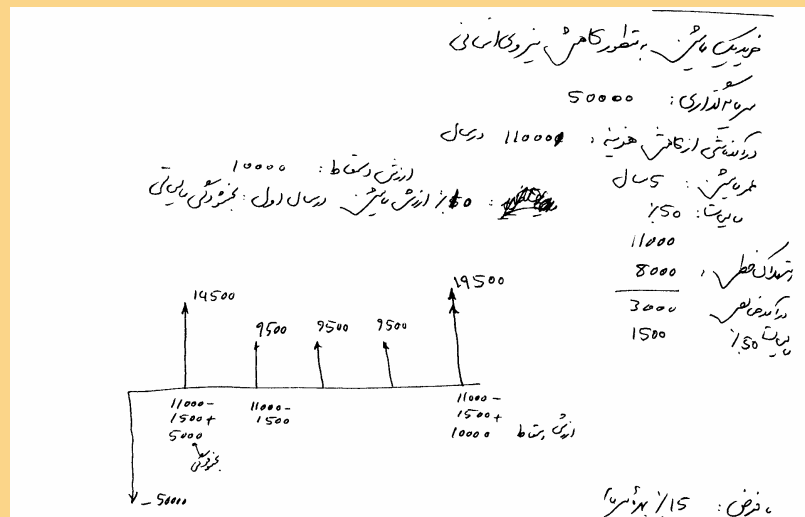
$$f_1 = p + ip = p(1+i)$$

$$f_2 = f_1 + if_1 = f_1(1+i) = p(1+i)(1+i) = p(1+i)^2$$

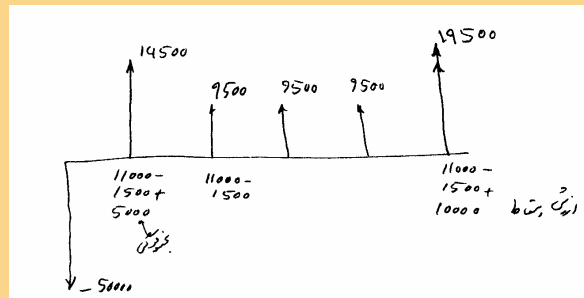
$$f_n = p(1+i)^n$$

$$p = \frac{f_n}{(1+i)^n}$$

## مثال تحلیل اقتصادی



## بررسی طرح



$$NPV = -5000 + \left[ \frac{14500}{1.15} + \frac{9500}{(1.15)^2} + \frac{9500}{(1.15)^3} + \frac{9500}{(1.15)^4} + \frac{19500}{(1.15)^5} \right]$$

نقدی: 15٪ نرخ سود

تبدیل به نقد

$$= -8835$$

## نرخ بازده سرمایه

- اگر در سالهای مختلف جریان نقدی یک پروژه  $C_i$  باشد و  $I$  میزان سرمایه گذاری باشد در آن صورت بازده سرمایه برابر است با:

$$I = \frac{C_1}{1+i} + \frac{C_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+i)^n}$$

برای  $IRR$  :

جول برای 15٪ سرمایه گذاری لذا 10٪ انتخاب می‌گردد

$i = 10\%$   
 $NPV = -3223$

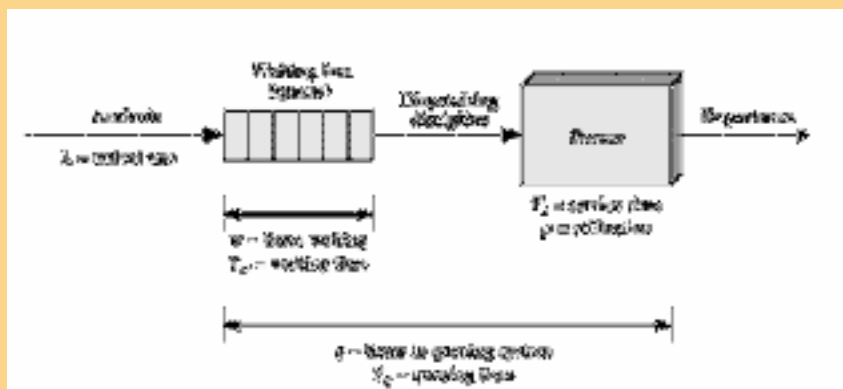
$i = 5\% \Rightarrow NPV = 3727$

$i = 5 + \frac{(0.10 - 0.05)}{(3727 + 3223)} (3727) = 7.7\%$

# تئوری صف

## Queuing theory

# ساختار یک مدل صف ساده



## مثالی از یک فرآیند صف

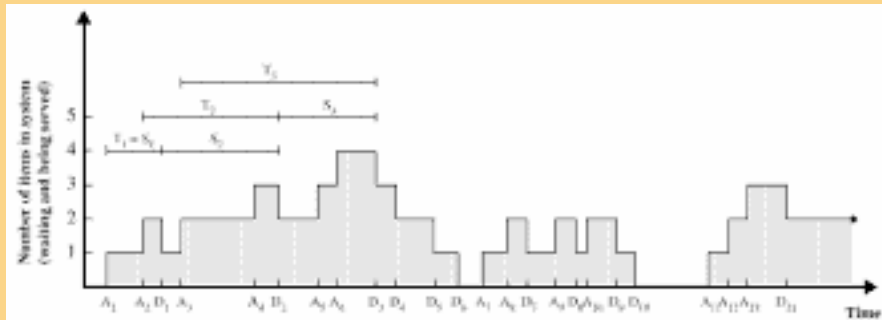
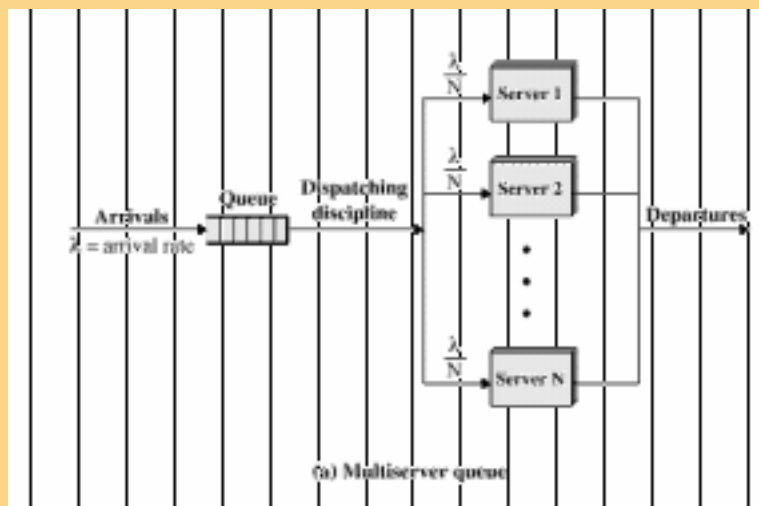


Figure 7.3 Example of a Queuing Process

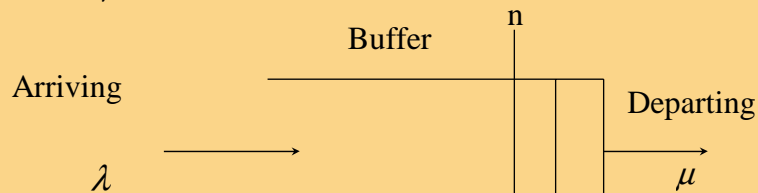
## صف با چند سرویس دهنده



(a) Multiserver queue

## مبانی محاسباتی سیستم صف

- متوسط زمان لازم برای سرویس دهی  $T_s = \frac{1}{\mu}$
- ظرفیت = متوسط نرخ سرویس دهی  $\mu$
- متوسط فاصله زمانی دو مراجعه مشتری  $\frac{1}{\lambda}$
- تقاضا = متوسط نرخ مراجعه  $\lambda$
- بهره برداری از سیستم  $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \text{utilization}$   $n \leq 1, \lambda < \mu$



## مدل ساده صف

- درصد بهره برداری  $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$
- درصد زمان بیکاری  $p_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$
- احتمال وجود n مشتری در سیستم  $p_n = p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$
- متوسط تعداد در (طول) صف  $L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$
- متوسط تعداد در سیستم  $L_s = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)}$
- متوسط زمان انتظار در صف  $W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$
- متوسط زمان سرویس دهی  $W_s = \frac{1}{(\mu - \lambda)}$



## مثال برای مدل ساده صف

- درصد بهره برداری  $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 7/10 = 70\%$
- درصد زمان بیکاری  $p_0 = 1 - \lambda/\mu = 1 - 7/10 = 30\%$
- احتمال وجود  $n$  مشتری در سیستم  $p_n = p_0 (\lambda/\mu)^n = 0.3 (7/10)^n$
- متوسط تعداد در (طول) صف  $L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = 1.63$
- متوسط تعداد در سیستم  $L_s = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} = 7/(10 - 7) = 2.33$
- متوسط زمان انتظار در صف  $W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{7}{10(10 - 7)} = .233$
- متوسط زمان سرویس دهی  $W_s = \frac{1}{(\mu - \lambda)} = \frac{1}{(10 - 7)} = .333$

• فرض کنید یک کارمند بانک به طور متوسط 10 مشتری را در ساعت پاسخگو باشد و فرض کنید مشتریان به طور متوسط با نرخ 7 نفر در ساعت مراجعه نمایند. ورود با توزیع پواسن و سرویس دهی با توزیع نمایی است

5-49



## سؤال

- اگر مشتریان با دیدن صف سه نفری بانک را ترک نمایند چه درصدی از مشتریان از دست داده شده است؟

$$1 - (p_0 + p_1 + p_2 + p_3) = 1 - (.3 + .21 + .147 + .1029) = .2401$$

- 24٪ مشتریان بانک را ترک میکنند

5-50

موارد مرتبط جهت تحقیق

- Yield management