بسم الله الرحمن الرحیم

مدیریت تولید و عملیات

فصل سوم: پیش بینی

اسلامبولچی

تعریف و اهمیت پیش بینی :

- پیش بینی به معنای تخمین امری است که در آینده رخ می دهد.
- فرایند تخمین تقاضای آینده از نظر کمی، کیفی، زمانی و مکانی برای کالاهای خواسته شده، پیش بینی تقاضا نام دارد.
- پیش بینی حلقه ارتباطی بین سازمان و محیط آن می باشد.
- پیش بینی در تصمیم گیری و برنامه ریزی نقش اساسی دارد.
- دقت پیش بینی معمولا با افزایش بازه زمانی، کاهش می یابد.

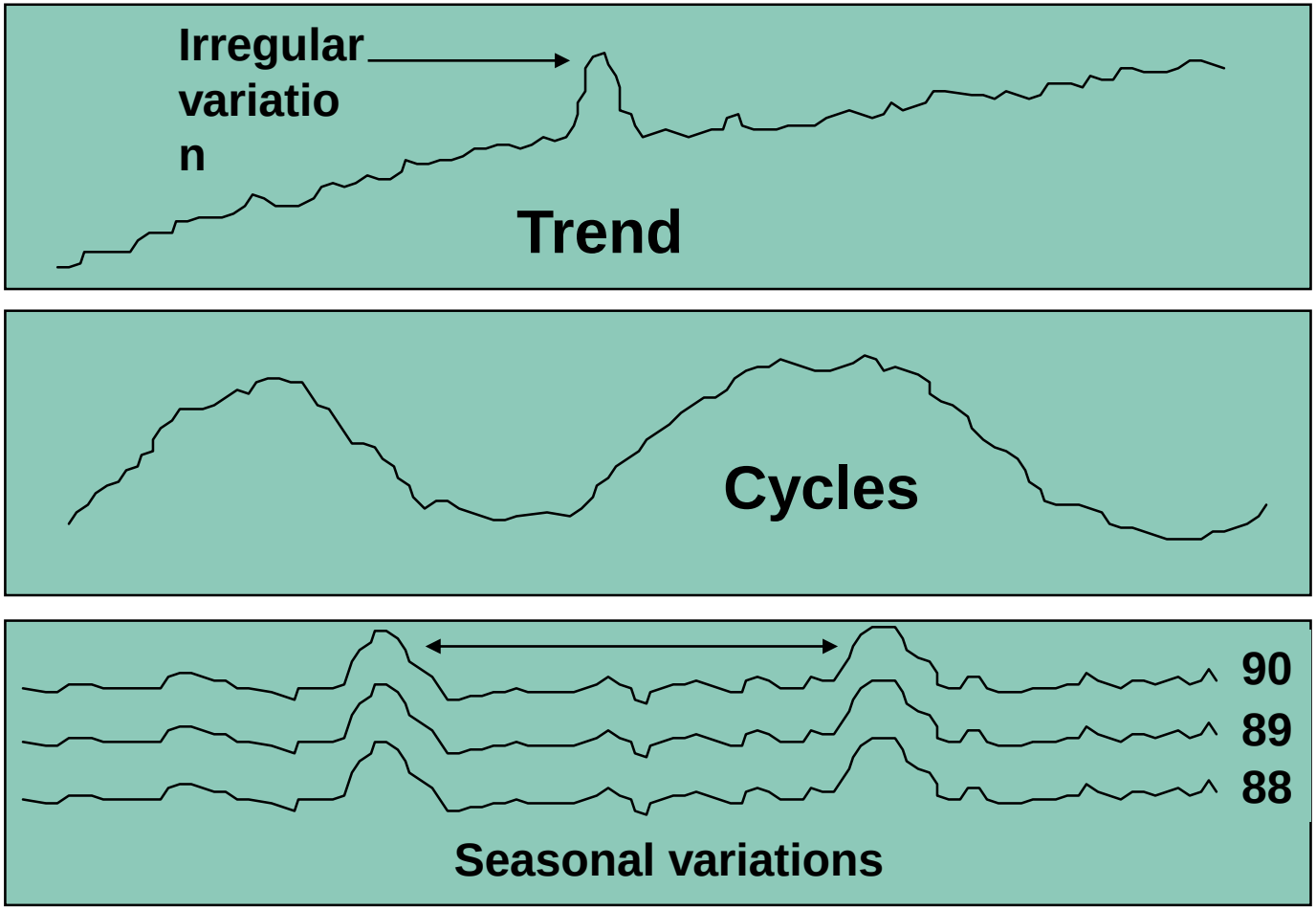
عوامل مؤثر در انتخاب مدل مناسب پیش بینی :

- محدوده زمانی
- روند آمار و ارقام گذشته
- ارتباط اطلاعات موجود با متغیر مورد نظر
- هزینه
- دقت مورد نظر
- سادگی

انواع نوسانات تقاضا در طول زمان :

- ***Trend:*** long-term movement in data
- ***Seasonality:*** short-term regular variations in data
- **Cycle:** wavelike variations of more than one year’s duration
- ***Irregular variations:*** caused by unusual circumstances
- ***Random variations:*** caused by chance

انواع نوسانات تقاضا در طول زمان :



انواع روشهای پیش بینی :

- روشهای پیش بینی
  - روشهای کیفی پیش بینی
    1. نظرخواهی از فروشندگان
    2. انتظارات مصرف کنندگان
    3. روش توافق جمعی
    4. روش دلفی
  - روشهای کمی پیش بینی
    - روشهای مبتنی بر گذشته
      1. نایو
      2. میانگین ساده
      3. میانگین متحرک
      4. میانگین متحرک وزنی
      5. نمو هموار ساده
      6. نمو هموار تعدیل شده
      7. روش حداقل مجذورات
      8. روش نوسانات فصلی
    - روشهای سببی(علت و معلولی)
      1. رگرسیون
      2. مدل اقتصادسنجی
      3. مدل داده-ستاده
      4. مدل طول عمر

برخی از روشهای کیفی پیش بینی :

1) نظر خواهی از فروشندگان
2) انتظارات مصرف کنندگان
3) روش توافق جمعی
4) روش دلفی

برخی از روشهای کمی مبتنی بر گذشته :

1. نایو (Naive M.)
2. میانگین ساده (Average M.)
3. میانگین متحرک (Moving Average M.)
4. میانگین متحرک وزنی (Weighted Moving Average M.)
5. نمو هموار ساده (Single Exponential Smoothing M.)
6. نمو هموار تعدیل شده (Adjusted Exponential Smoothing M.)
7. روش حداقل مجذورات (Least Square M.)
8. روش نوسانات فصلی

روش نایو :

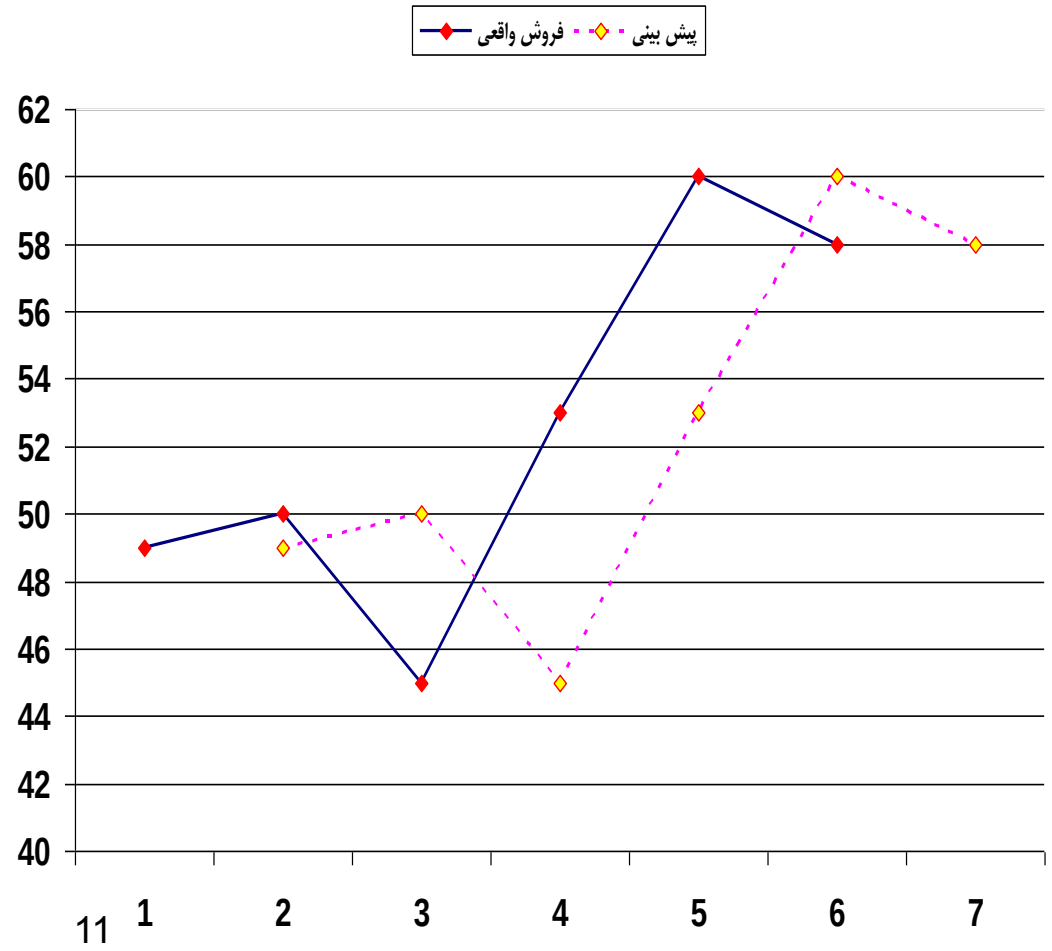
- در روش نایو، فروش(تقاضای) واقعی دوره قبل به عنوان پیش بینی تقاضای دوره آینده در نظر گرفته می شود. یعنی:

$$F_t = A_{t-1}$$

فصل سوم: پیش بینی

روش نایو (مثال) :

ماه	تقاضای واقعی A_t	پیش بینی F_t
۱	49	---
۲	50	49
۳	45	50
٤	53	45
٥	60	53
٦	58	60
۷		58



روش میانگین ساده :

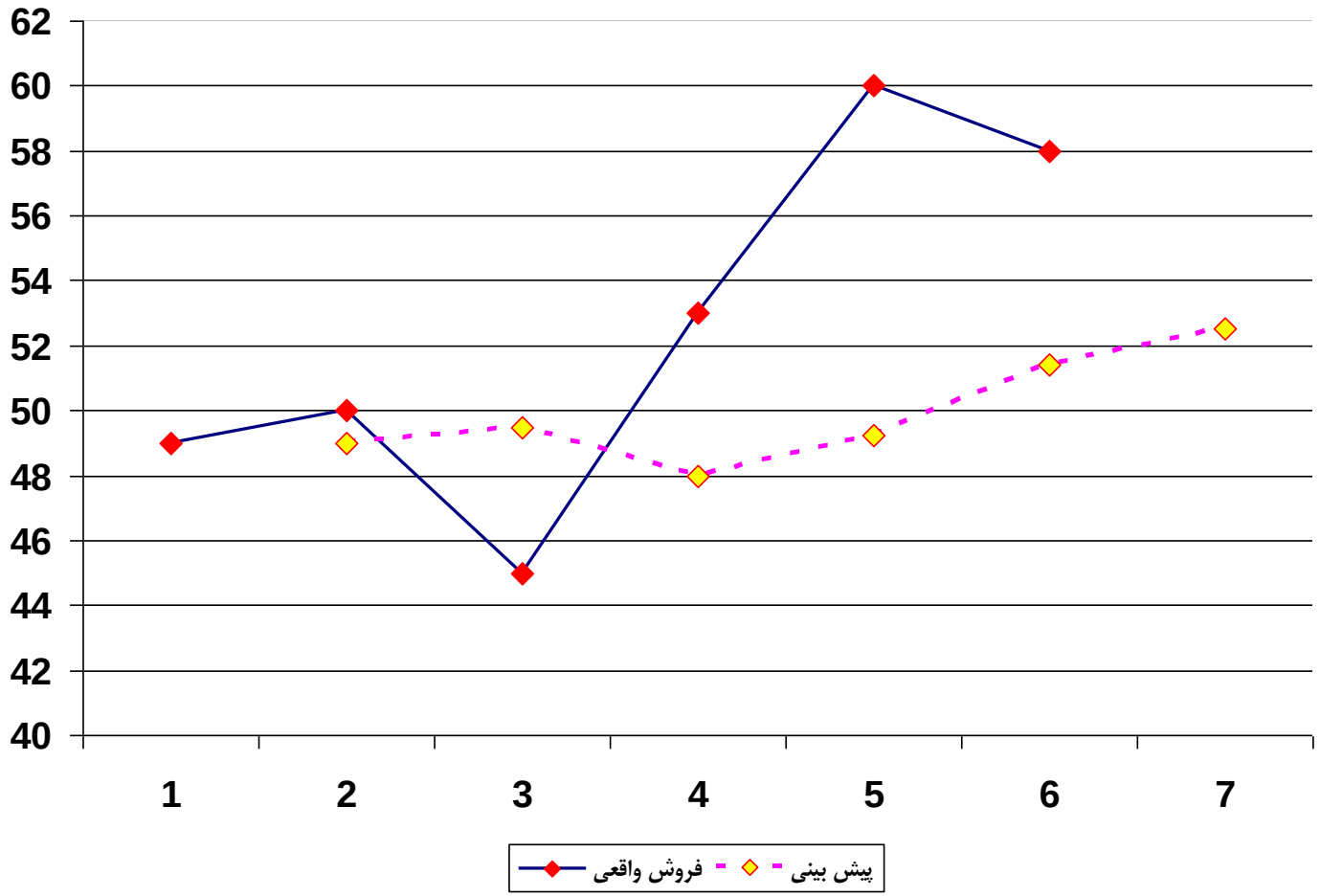
- در این روش میانگین تقاضای دوره های قبل به عنوان پیش بینی تقاضای دوره بعد در نظر گرفته می شود.

$$F_{t+1} = \frac{\sum_{i=1}^{t} A_i}{t}$$

روش میانگین ساده (مثال) :

ماه	تقاضای واقعی A_t	پیش بینی F_t
۱	49	---
۲	50	49
۳	45	(49+50)/2=**49.5**
٤	53	(49+50+45)/3=**48**
٥	60	(49+50+45+53)/4=**49.25**
٦	58	(49+50+45+53+60)/5=**51.4**
۷		(49+50+45+53+60+58)/6=**52.5**

روش میانگین ساده (ادامه) :



روش میانگین متحرک :

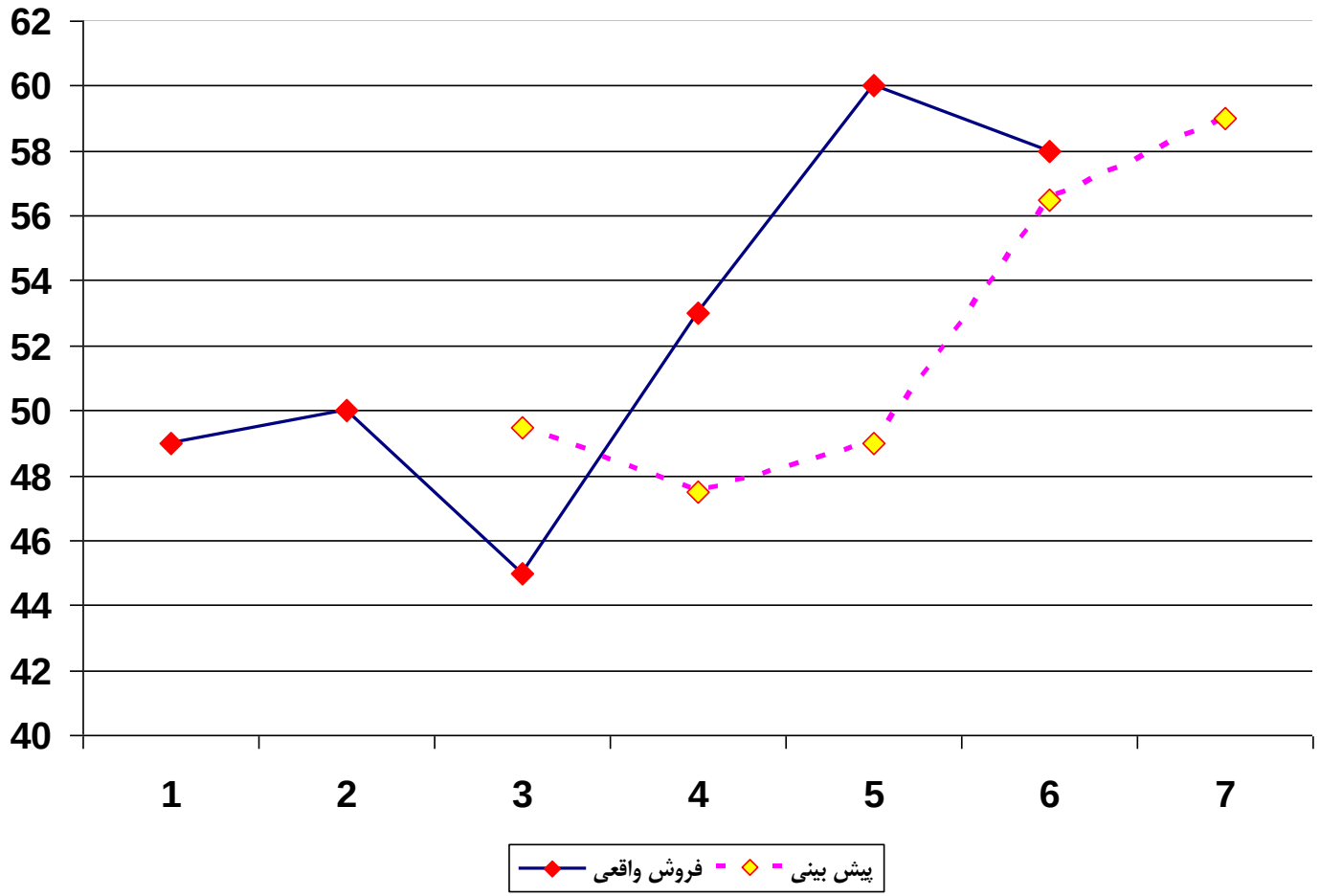
- در این روش میانگین تقاضای چند دوره قبل به عنوان پیش بینی تقاضای دوره بعد در نظر گرفته می شود.
- تعیین تعداد دوره هایی که میانگین آنها، تقاضای دوره بعد را شکل می دهد، بستگی به ارزش اطلاعات دوره های گذشته دارد.

$$F_{t+1} = \frac{\sum_{i=t+1-k}^{t} A_i}{k}$$

روش میانگین متحرک (مثال) :

ماه	تقاضای واقعی A_t	پیش بینی F_t K=2
۱	49	---
۲	50	---
۳	45	(49+50)/2=**49.5**
٤	53	(50+45)/2=**47.5**
٥	60	(45+53)/2=**49**
٦	58	(53+60)/2=**56.5**
۷		(60+58)/2=**59**

روش میانگین متحرک (ادامه) :



روش میانگین متحرک وزنی :

- در مواردی میزان اثرگذاری مقادیر تقاضای واقعی در دوره های گذشته بر پیش بینی آینده، متفاوت است. مثلا اطلاعات جدیدتر ارزش بیشتری دارند. لذا در این روش به اطلاعات دوره های گذشته وزنهای مختلفی داده می شود.

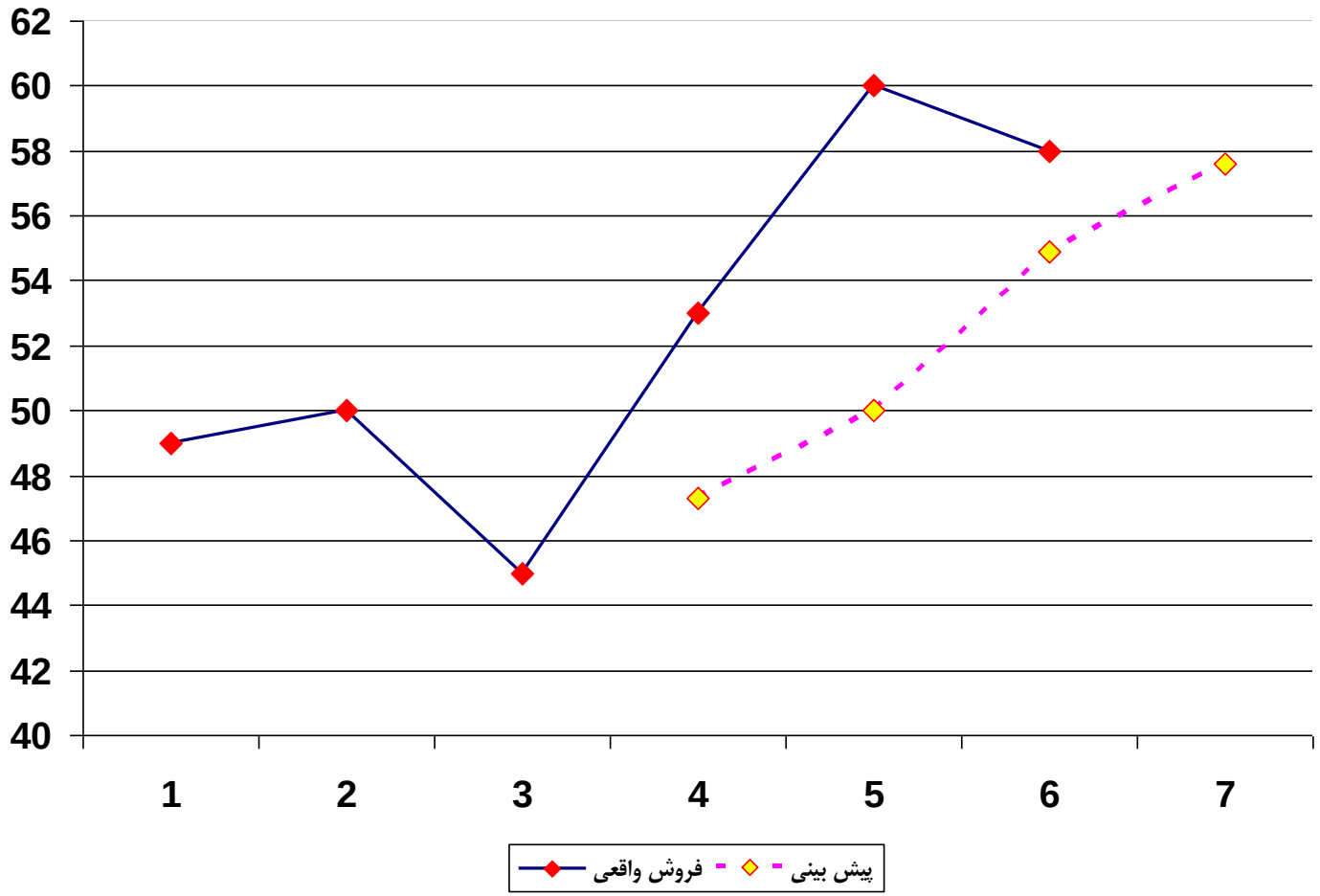
$$F_{t+1} = \sum_{i=t+1-k}^{t} \theta_i \cdot A_i \qquad \sum_{i=t+1-k}^{t} \theta_i = 1$$

روش میانگین متحرک وزنی (مثال) :

وزن ماه قبل ۵۰ درصد، وزن دو ماه قبل ۳۰ درصد و وزن سه ماه قبل ۲۰ درصد است، پیش بینی ماه ۱ تا ۷ را انجام دهید.

ماه	تقاضای واقعی A_t	پیش بینی F_t K=3
۱	49	---
۲	50	---
۳	45	---
٤	53	(0.5*45)+(0.3*50)+(0.2*49)=**47.3**
٥	60	(0.5*53)+(0.3*45)+(0.2*50)=**50**
٦	58	(0.5*60)+(0.3*53)+(0.2*45)=**54.9**
۷		(0.5*58)+(0.3*60)+(0.2*53)=**57.6**

روش میانگین متحرک وزنی (ادامه) :



روش نمو هموار ساده :

- در روش میانگین متحرک وزنی بر اساس نظر متخصصان و یا تجربه سازمان به آمار گذشته ارزشهای متفاوتی داده می شود. اما در این روش این وزن دهی بر اساس تصاعد هندسی نزولی صورت می گیرد. یعنی بر اساس تصاعد هندسی اطلاعات جدیدتر وزن بیشتری نسبت به اطلاعات قدیمی تر دارند.

$$F_{t+1} = \alpha \cdot A_t + \alpha \cdot (1-\alpha) \cdot A_{t-1} + \alpha \cdot (1-\alpha)^2 \cdot A_{t-2} + \alpha \cdot (1-\alpha)^3 \cdot A_{t-3} + \cdots$$

روش نمو هموار ساده (ادامه):

$$F_{t+1} = \alpha \cdot A_t + \alpha \cdot (1-\alpha) \cdot A_{t-1} + \alpha \cdot (1-\alpha)^2 \cdot A_{t-2} + \cdots$$

$$F_{t+1} = \alpha \cdot A_t + (1-\alpha) \cdot \underbrace{[\alpha \cdot A_{t-1} + \alpha \cdot (1-\alpha) \cdot A_{t-2} + \cdots]}_{F_t}$$

$$F_{t+1} = \alpha \cdot A_t + (1-\alpha) \cdot F_t \quad \Rightarrow \quad F_{t+1} = \alpha \cdot A_t + F_t - \alpha \cdot F_t$$

$$F_{t+1} = F_t + \alpha \cdot (A_t - F_t)$$

روش نمو هموار ساده (ادامه):

(خطای پیش بینی دوره قبل) * α + (پیش بینی دوره قبل)= پیش بینی دوره بعد

$$F_{t+1} = F_t + \alpha \cdot (A_t - F_t)$$

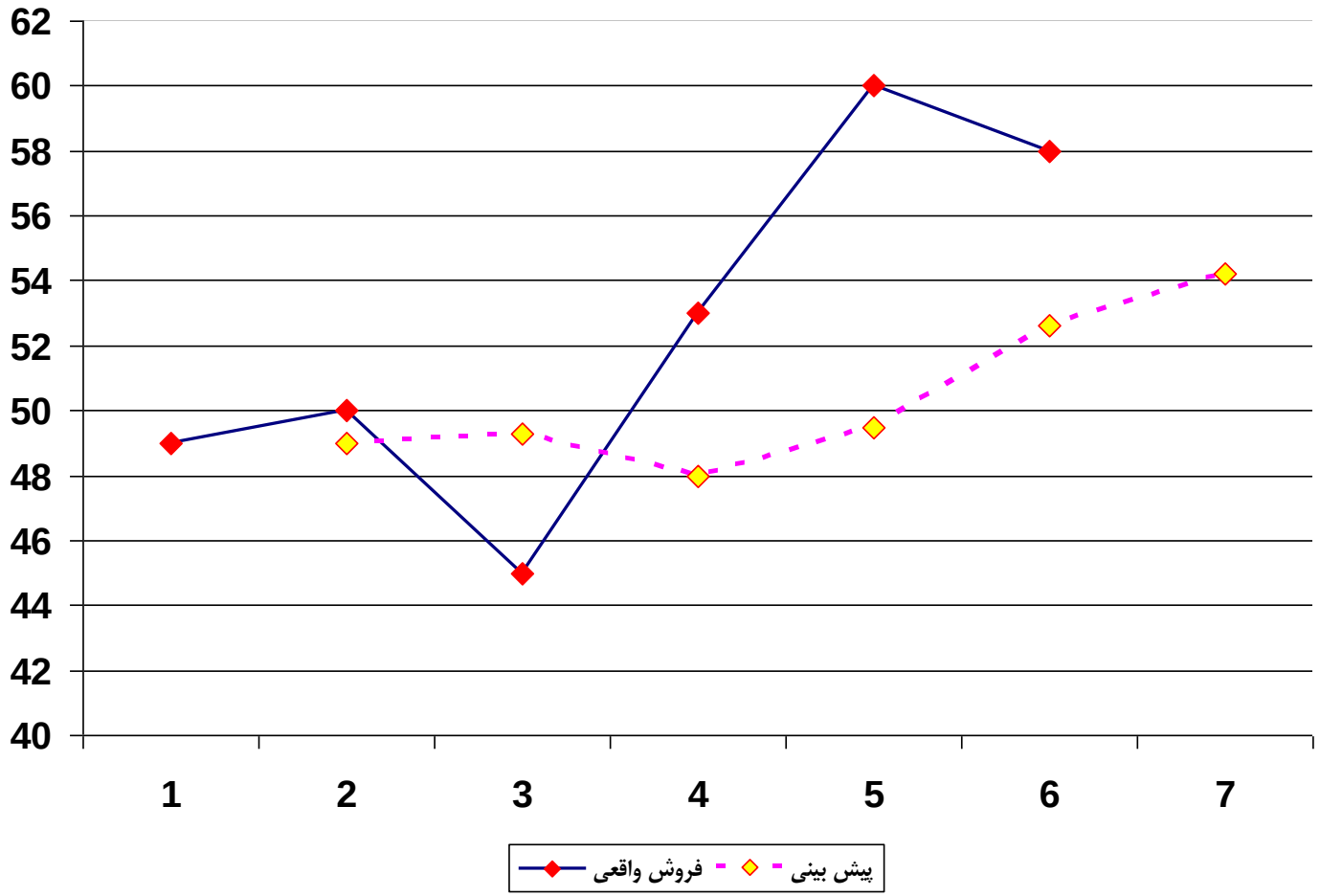
$$F_{t+1} = \alpha \cdot A_t + (1-\alpha) \cdot F_t$$

روش نمو هموار ساده (ادامه):

ماه	تقاضای واقعی A_t	پیش بینی F_t $\alpha = 0.3$
۱	49	---
۲	50	49*
۳	45	49+ 0.3*(50-49)=**49.3**
٤	53	49.3+ 0.3*(45-49.3)=**48**
٥	60	48+ 0.3*(53-48)=**49.5**
٦	58	49.5+ 0.3*(60-49.5)=**52.6**
۷		52.6+ 0.3*(58-52.6)=**54.2**

* برای پیش بینی تقاضای دوره دوم، از فروش واقعی دوره اول استفاده می شود.

روش نمو هموار ساده (ادامه):



روش نمو هموار تعدیل شده :

- در مواقعی که یک روند افزایش یا کاهشی در آمار و ارقام گذشته وجود داشته باشد، نمو هموار ساده میزان پیش بینی را به ترتیب کمتر و بیشتر از میزان واقعی نشان می دهد. در روش نمو هموار دوبل با در نظر گرفتن ضرایبی برای پیش بینی حاصل از نمو هموار ساده، تلاش می شود تأثیر روند موجود در ارقام گذشته در برآورد آینده در نظر گرفته شود.

روش نمو هموار تعدیل شده (ادامه) :

$$FT_{t+1} = F_{t+1} + T_{t+1}$$

شاخص روند نمو هموار

پیش بینی بر اساس نمو هموار ساده

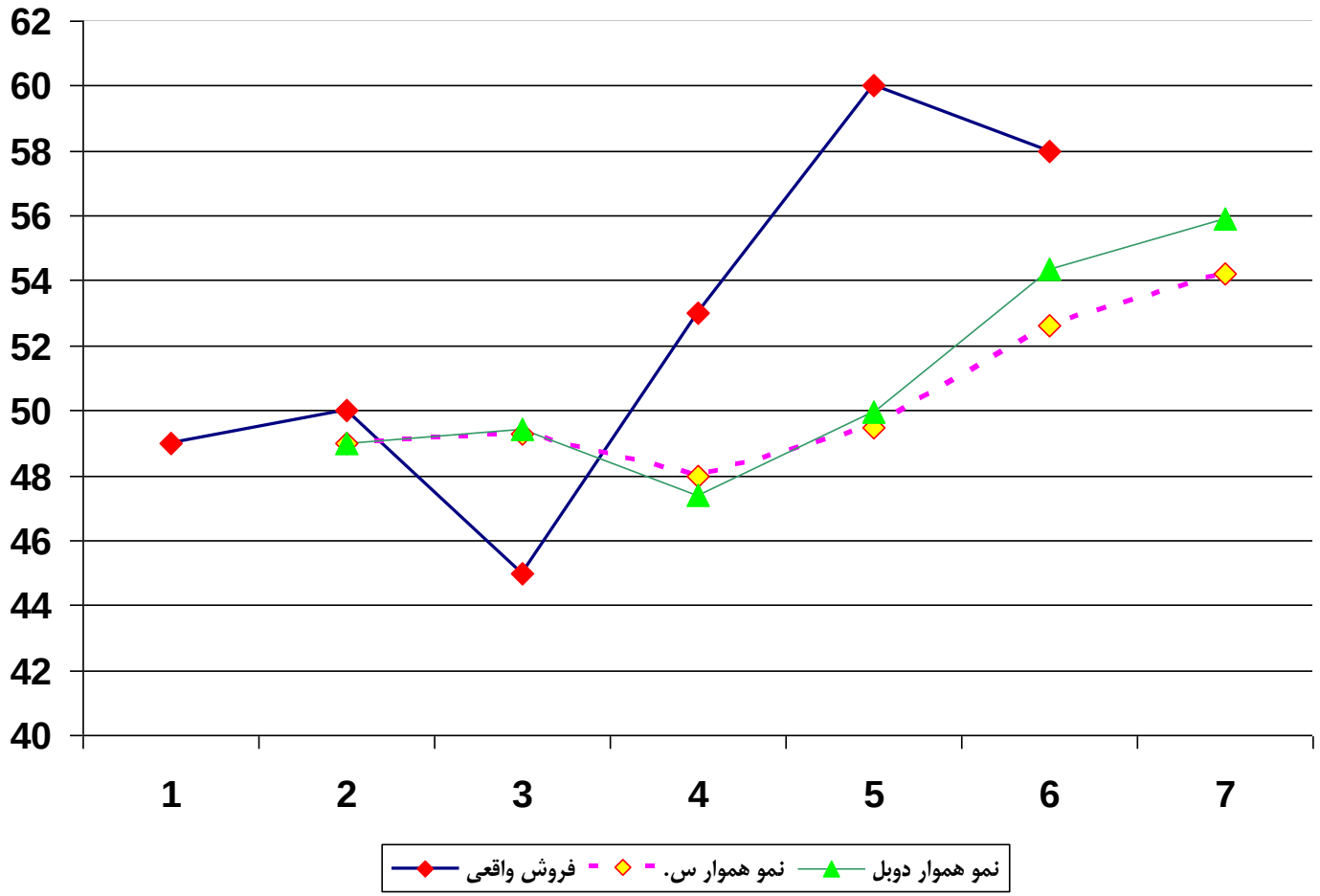
$$T_{t+1} = \beta \cdot (F_{t+1} - F_t) + (1-\beta) \cdot T_t$$

ضریب نمو هموار روند

روش نمو هموار تعدیل شده (ادامه) :

$FT_{t+1} = F_{t+1} + T_{t+1}$	شاخص روند نمو هموار $T_{t+1} = \beta \cdot (F_{t+1} - F_t) + (1-\beta) \cdot T_t$	F_t	A_t	ماه
---	---	---	49	۱
49+0=**49**	**0**	49	50	۲
49.3+0.15=**49.45**	0.5*(49.3 – 49)+(1- 0.5) * 0 = **0.15**	49.3	45	۳
48-0.575=**47.42**	0.5*(48 – 49.3)+(1- 0.5)*0.15= **-0.575**	48	53	٤
49.5+0.462=**49.96**	0.5*(49.5 - 48)+(1- 0.5)*(-0.575) = **0.462**	49.5	60	٥
52.6+1.78=**54.38**	0.5*(52.6 – 49.5)+(1- 0.5) *(0.462) = **1.78**	52.6	58	٦
54.2+1.69=**55.8**	0.5*(54.2 – 52.6)+(1- 0.5) *(1.78) = **1.69**	54.2		۷

روش نمو هموار تعدیل شده (ادامه):



روش حداقل مجذورات :

- در این روش رابطه ای ریاضی بین اطلاعات گذشته ایجاد کرده و سپس بر اساس آن به پیش بینی آینده می پردازیم.
- اگر ارقام واقعی دوره های گذشته در محور مختصات رسم شوند، چنانچه بتوان خطی را از بین آنها عبور داد که مجموع انحرافات با ارقام واقعی در حداقل باشد، آن خط را خط حداقل مجذورات می نامیم.
- در صورتی می توان از این روش استفاده کرد که شرایط عمومی حاکم بر سیستم استمرار داشته باشد.

روش حداقل مجذورات (ادامه) :

$$y_i = a + b \cdot x_i$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$$

$$b = \frac{\sum x_i \cdot y_i - \bar{y} \cdot \sum x_i}{\sum x_i^2 - \bar{x} \cdot \sum x_i}$$

روش حداقل مجذورات (ادامه) :

- شرط استفاده از این روش آن است که قدرمطلق ضریب همبستگی بین متغیر مورد نظر و زمان بزرگتر از ۰.۵ باشد، یعنی رابطه معنی داری بین آن متغیر(تقاضا) و زمان وجود داشته باشد.

$$r = \frac{n \cdot \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{\sqrt{n\sum x_i^2 - \left(\sum x_i\right)^2} \cdot \sqrt{n\sum y_i^2 - \left(\sum y_i\right)^2}}$$

روش حداقل مجذورات (ادامه) :

- تعداد واحدهای ساخته شده توسط یک شرکت ساختمانی در ۵ سال گذشته به شرح زیر است. با استفاده از روش حداقل مجذورات تعداد خانه های ساخته شده توسط این شرکت برای سال ۸۵ را پیش بینی نمایید.

سال	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵
تعداد خانه ها (هزار واحد)	۱۷	۱۸	۲۱	۲۵	۲۶	؟

روش حداقل مجذورات (ادامه) :

	x_i	y_i	$x_i \cdot y_i$	x_i^2	y_i^2
	1	17	17	1	289
	2	18	36	4	324
	3	21	63	9	441
	4	25	100	16	625
	5	26	130	25	676
$\sum =$	15	107	346	55	2355

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{107}{5} = 21.4$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{15}{5} = 3$$

$$b = \frac{346 - (21.4 \times 15)}{55 - (3 \times 15)} = 2.5$$

$$a = 21.4 - (2.5 \times 3) = 13.9$$

$$r = \frac{(5 \times 346) - (15 \times 107)}{\sqrt{(5 \times 55) - 15^2} \times \sqrt{(5 \times 2355) - 107^2}} = 0.97 > 0.5$$

روش حداقل مجذورات (ادامه) :

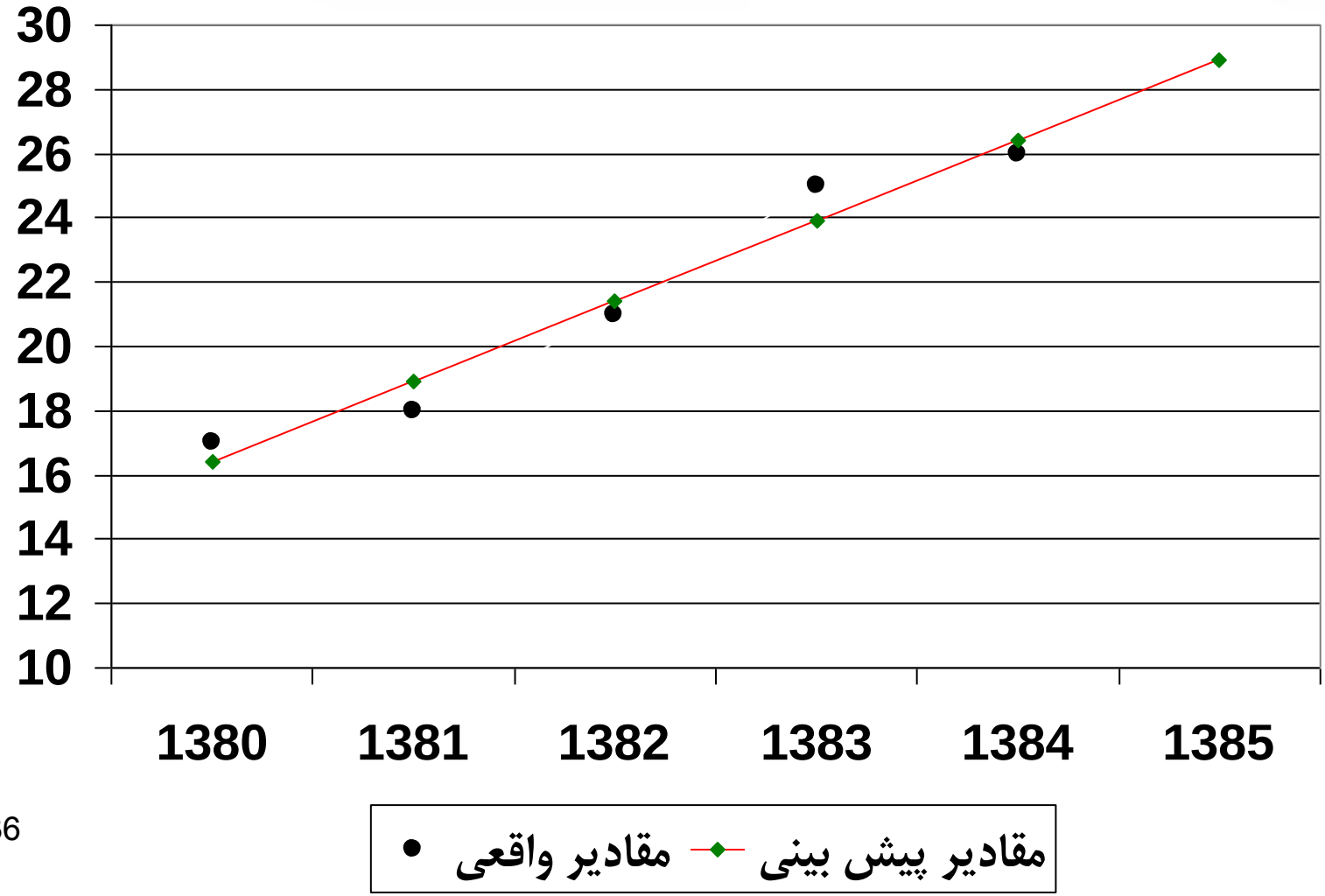
$$y_i = a + b \cdot x_i$$

$$y_i = 13.9 + 2.5 \cdot x_i$$

سال ۱۳۸۵ $i = 6$

$$y_6 = 13.9 + (2.5 \times 6) = 28.9$$

روش حداقل مجذورات (ادامه) :



روش نوسانات فصلی :

استفاده از این روش بر اساس مراحل زیر صورت می پذیرد:

1) نخست بر اساس روش حداقل مجذورات به پیش بینی تقاضا می پردازیم.

2) نسبت تقاضای واقعی را به تقاضای پیش بینی شده برای هر یک از دوره ها محاسبه می نماییم.($R_i = \frac{y_i}{y_i'}$)

3) میانگین ضریب فصلی یعنی $\overline{R_i}$ را برای فصول مشابه محاسبه می نماییم.

4) مقدار پیش بینی دوره مورد نظر از طریق روش حداقل مجذورات را در $\overline{R_i}$ مربوطه ضرب می نماییم.

روش نوسانات فصلی (ادامه) :

مثال: با در نظر گرفتن اطلاعات زیر فروش سال بعد را با روش نوسانات فصلی پیش بینی کنید.

فصل	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
فروش	۲۰	۳۰	۵۰	۷۰	۳۰	۴۰	۶۰	۸۰	۴۰	۶۰	۸۰	۹۰

خط حداقل مجذورات $y'_i = 24.4 + 4.5 \cdot x_i$

x_i	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
y_i	۲۰	۳۰	۵۰	۷۰	۳۰	۴۰	۶۰	۸۰	۴۰	۶۰	۸۰	۹۰
y'_i	28.9	33.5	38.1	42.7	47.3	51.8	56.4	61	65.6	70.2	74.7	79.3
$R_i = \frac{y_i}{y'_i}$	0.69	0.89	1.31	1.64	0.63	0.73	1.06	1.33	0.61	0.85	1.07	1.13

اسلامبولچی

روش نوسانات فصلی (ادامه) :

$$\overline{R}_1 = \frac{R_1 + R_5 + R_9}{3} \Rightarrow \overline{R}_1 = 0.643$$

$$\overline{R}_2 = \frac{R_2 + R_6 + R_{10}}{3} \Rightarrow \overline{R}_2 = 0.836$$

$$\overline{R}_3 = \frac{R_3 + R_7 + R_{11}}{3} \Rightarrow \overline{R}_3 = 1.146$$

$$\overline{R}_4 = \frac{R_4 + R_8 + R_{12}}{3} \Rightarrow \overline{R}_4 = 1.36$$

فصل	x_i	y'_i	$y'_i \cdot \overline{R}_i$
بهار	13	83.94	53.99
تابستان	14	88.52	74.06
پاییز	15	93.1	106.75
زمستان	16	97.68	132.84

روشهای سببی (علت و معلولی) :

- در سری های زمانی(روشهای مبتنی بر گذشته)، رابطه بین تقاضا و متغیر زمان بررسی می گردد. اگر تقاضا با عاملی غیر از زمان رابطه داشته باشد از روشهای علی- معلولی استفاده می نماییم.
- برخی از این روشها عبارتند از رگرسیون، روش اقتصادسنجی، مدل داده-ستاده، مدل طول عمر و .....

روش رگرسیون :

- روش رگرسیون به دو نوع خطی و غیرخطی تقسیم می شود که هر یک ممکن است یک متغیره و یا چند متغیره باشند.
- استفاده از روش رگرسیون زمانی منطقی است که نوعی رابطه همبستگی بین متغیرها وجود داشته باشد.
- روابط رگرسیون خطی یک متغیره بر پایه روش حداقل مجذورات است.

روش رگرسیون (ادامه) :

- در رگرسیون خطی چند متغیره رابطه خطی یک متغیر (مثل تقاضا) با چند متغیر (مثل جمعیت و سن) در نظر گرفته می شود که معادله آن بصورت زیر است:

$$y_i' = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots$$

- در صورتی که رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته خطی نباشد، از رگرسیون غیر خطی استفاده می شود:

$$y_i' = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_1^2 + \dots$$

صحت پیش بینی :

- عموما پیش بینی ها با خطا همراه هستند و باید تا حد امکان این خطا حداقل شود.
- شاخص های گوناگونی برای محاسبه خطای پیش بینی وجود دارند که برخی عبارتند از:

۱) میانگین قدرمطلق انحرافات (MAD)

$$MAD = \frac{\sum |A_t - F_t|}{n}$$

۲) میانگین مجذور خطای پیش بینی (MSE)

$$MSE = \frac{\sum (A_t - F_t)^2}{n}$$

صحت پیش بینی (ادامه) :

- با استفاده از شاخص های ذکر شده می توان میزان خطای هر یک از روشهای پیش بینی را محاسبه نمود و بر همین اساس روشی را که کمترین میزان خطا را دارد انتخاب نمود.
- همچنین با استفاده از این شاخص ها می توان مناسب ترین مقدار K (تعداد دوره) در روش میانگین متحرک، و مناسبترین α در روش نمو هموار ساده را تعیین نمود.