irmgn.ir

۲

مدیریت تولید

بخش دوم

روشهای پیش‌بینی

سید مهدی همایونی

پاییز ۹۱

irmgn.ir

اهداف و سرخطها

- اهمیت پیش‌بینی و روشهای مختلف آن
- روشهای مبتنی بر سریهای زمانی
- روشهای مشارکتی پیش‌بینی
- کنترل و نظارت بر مدل پیش‌بینی

irmgn.ir

پیش‌بینی چیست؟

- تلاشی برای حدس زدن شرایط در آینده بر اساس واقعیات گذشته، که عموما یک محاسبه دقیق و عینی بر اساس داده‌ها است.
- میزان خطای موجود در پیش‌بینی، عامل اصلی برای تصمیم‌گیری است، هر چه خطا بالاتر باشد، میزان موجودی اطمینان بالاتر می‌رود.
- پیش‌بینی برای موارد زیر کاربرد دارد:

- ✓ حسابداری: تخمین هزینه‌ها، مدیریت منابع و...
- ✓ منابع انسانی: تخمین نیروی مورد نیاز، جذب و دفع نیرو
- ✓ بازاریابی: قیمت‌گذاری و تخفیفها، استراتژی و...
- ✓ مدیریت عملیات: زمانبندی و برنامه‌ریزی
- ✓ طراحی محصولات: پیش‌بینی نیازها و طراحی محصول جدید

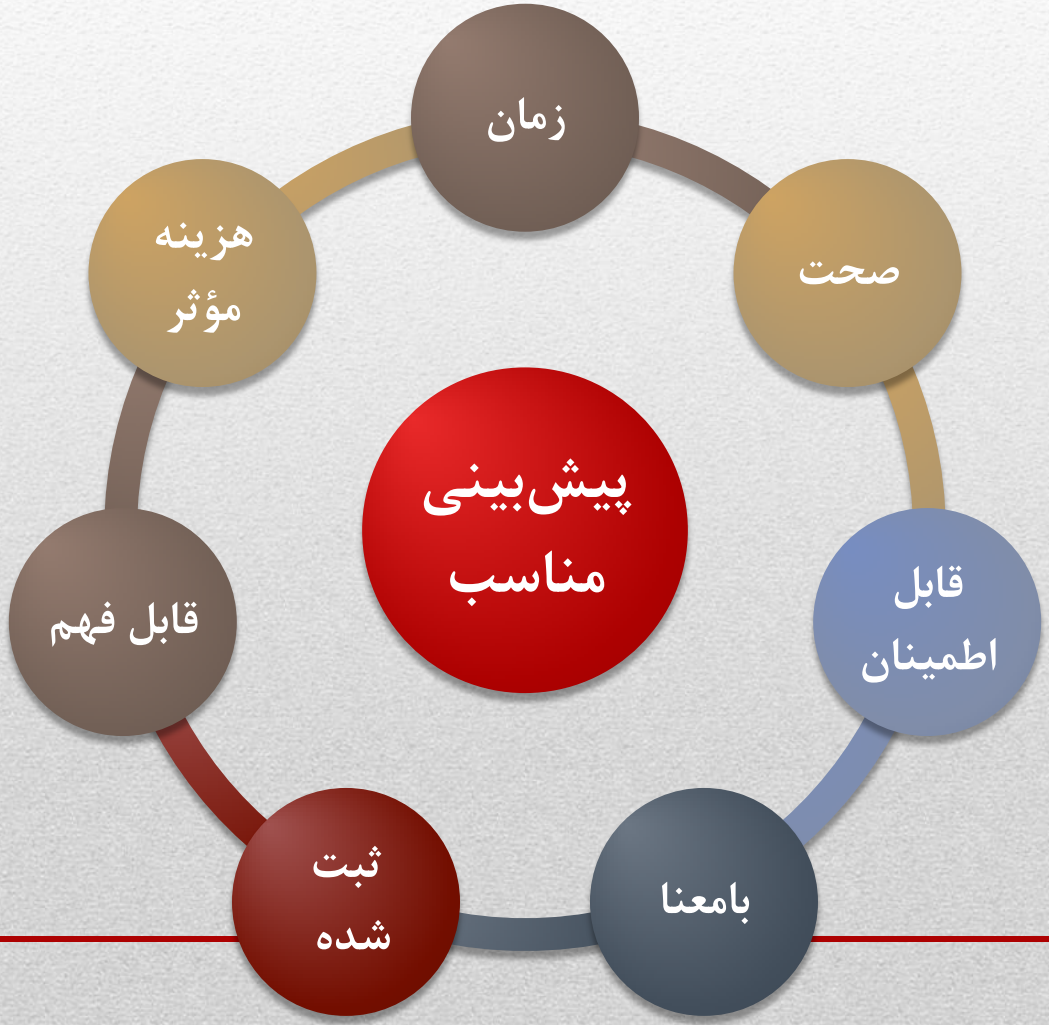
irmgn.ir

اشتراک روشهای پیش‌بینی

- فرض وجود روند در گذشته و کشف آن برای آینده،
- عدم تکامل روشهای پیش‌بینی،
- پیش‌بینی دسته‌ای از موارد بر پیش‌بینی تکی آنها برتری دارد،
- با افزایش دوران پیش‌بینی، دقت کاهش می‌یابد.

irmgn.ir

عوامل موفقیت پیش‌بینی



irmgn.ir

مراحل انجام پیش‌بینی

irmgn.ir

روشهای پیش‌بینی

- قضاوتی (پیش‌گویی)
  - بر اساس ورودی‌های انتزاعی
- کیفی (Qualitative)
- سری زمانی
  - انتقال تجربه گذشته به آینده
- کمی (Quantitative)
- مشارکتی
  - بر اساس متغیرهای برهم اثرگذار
- علت و معلولی (Causal)

irmgn.ir

روشهای پیش‌بینی قضاوتی

- هنگامی که محصول جدیدی وارد بازار شود، اطلاعاتی از گذشته در دست نباشد، یا اطلاعات مورد اعتماد نباشد، از روشهای پیش‌بینی قضاوتی استفاده می‌شود.
- معمولا در این روشها از موارد زیر برای پیش‌گویی استفاده می‌شود:

✓ نظرات تیم اجرایی

✓ نظرات تیم فروش

✓ نظرسنجی از مشتریان

✓ نظرات بخشهای خارج از سازمان

✓ روش دلفی

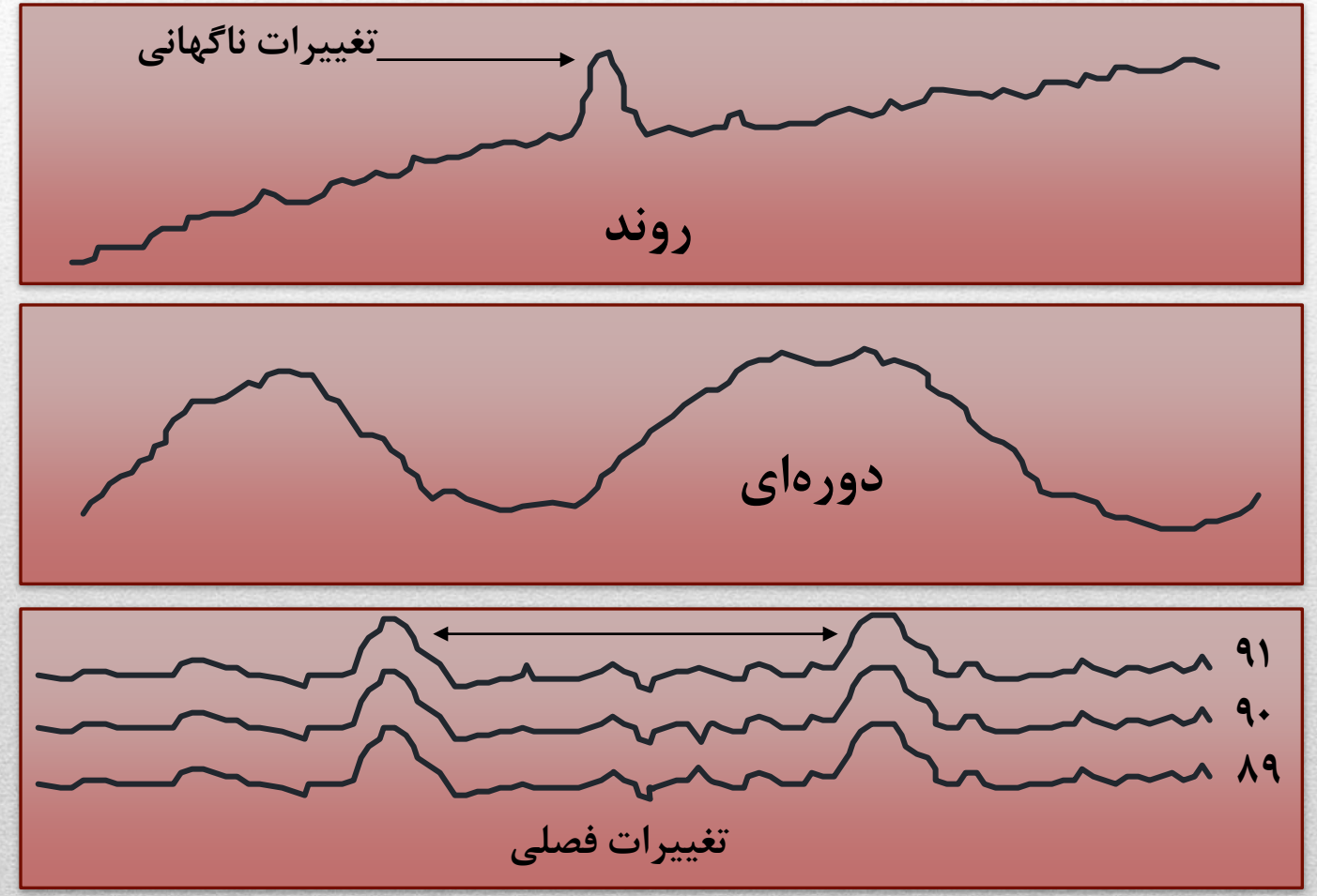
irmgn.ir

روش دلفی

- یک روش تصمیم گیری گروهی
- توزیع پرسشنامه‌های بی‌نام میان گروه منتخبی از افراد خبره در حیطه مورد نظر
- دسته بندی پاسخ‌ها با میانگین گرفتن از آنها
- تکرار پرسشنامه با اصلاح پرسشها و گزینه‌ها
- تکرار دسته بندی و بازتوزیع پرسشنامه‌ها
- تا هنگامی که گروه به مجموعه همگرایی از پاسخ‌ها برسند، این عمل تکرار می‌شود.
- گاهی از اوقات از نظرات چند دسته از افراد ذینفع استفاده می‌شود، مثلا نظرات مشتریان جمع‌آوری می‌شود، سپس مدیران فروش و بازاریابی و ... در مورد پاسخ‌ها نظردهی می‌کنند.

irmgn.ir

انواع طرح داده‌ها



irmgn.ir

روشهای سری زمانی:

تخمین ساده (Naïve Method)

- ساده و پرکاربرد، کم هزینه، سریع و قابل فهم؛ در عین حال قابلیت برآورد دقیق ندارد.

✓ تغییرات ثابت: تقاضای دوره بعد برابر تقاضای دوره کنونی است،

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

✓ تغییرات فصلی: تقاضای فصول مشابه برابر یکدیگرند،

$$F_{\text{بهار ۸۹}} = A_{\text{بهار ۸۸}}$$

✓ تغییرات رونددار: تقاضای دوره بعد برابر تقاضای دوره کنونی به اضافه اختلاف تقاضای ۲ دوره قبل است،

$$F_t = A_{t-1} + (A_{t-1} - A_{t-2})$$

irmgn.ir

روشهای سری زمانی:
میانگین متحرک (Moving Average)

- زمانی از روشهای میانگین استفاده می‌کنیم که تغییرات داده‌های گذشته حول محور میانگین داده‌ها قرار داشته باشد، در عین حال تغییرات روند دار و پله‌ای نیز با این روشها قابل پیش‌بینی است.
- میانگین تعدادی (n) از جدیدترین دوره‌ها به عنوان پیش‌بینی دوره بعد محاسبه می‌شود و برای دوره‌های جدیدتر به‌روزرسانی انجام می‌گردد.
- هرچه n کوچکتر باشد، حساسیت مقدار میانگین به تغییرات داده‌ها بیشتر می‌شود (معمولا بین ۳ تا ۸ دوره).

$$F_t = MA_n = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_{t-i}}{n}$$

irmgn.ir

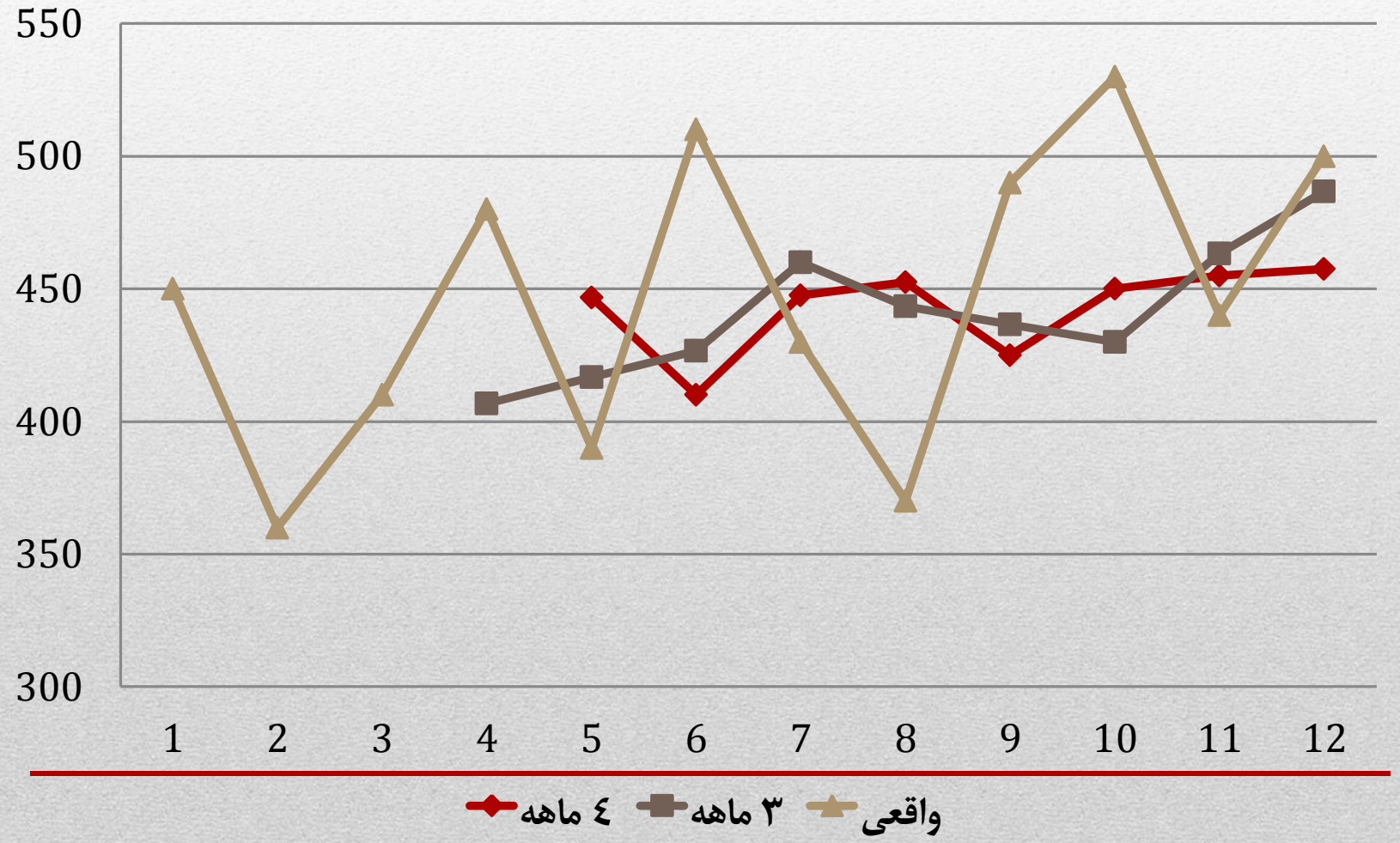
روشهای سری زمانی:

مثال میانگین متحرک ۱

ماه	تقاضای واقعی	پیش‌بینی ۳ ماهه	پیش‌بینی ۴ ماهه
۱	۴۵۰		
۲	۳۶۰		
۳	۴۱۰		
۴	۴۸۰	۴۰۷	
۵	۳۹۰	۴۱۷	۴۲۵
۶	۵۱۰	۴۲۷	۴۱۰
۷	۴۳۰	۴۶۰	۴۴۸
۸	۳۷۰	۴۴۳	۴۵۳
۹	۴۹۰	۴۳۷	۴۲۵
۱۰	۵۳۰	۴۳۰	۴۵۰
۱۱	۴۴۰	۴۶۳	۴۵۵
۱۲	–	۴۸۷	۴۵۸

irmgn.ir

مثال میانگین متحرک۲



irmgn.ir

روشهای سری زمانی:

میانگین متحرک موزون (Weighted MA)

- مشابه روش میانگین متحرک،
- از میانگین وزنی n دوره جدید به عنوان پیش‌بینی دوره مورد نظر استفاده می‌شود.
- معمولا وزن بیشتری به داده‌های جدیدتر داده می‌شود، که مزیتی برای آن محسوب می‌شود.

$$F_t = \sum_{i=1}^{n} W_{t-i} A_{t-i} \qquad \sum_{i=1}^{n} W_i = 1$$

irmgn.ir

روشهای سری زمانی:

مثال میانگین متحرک موزون ۱

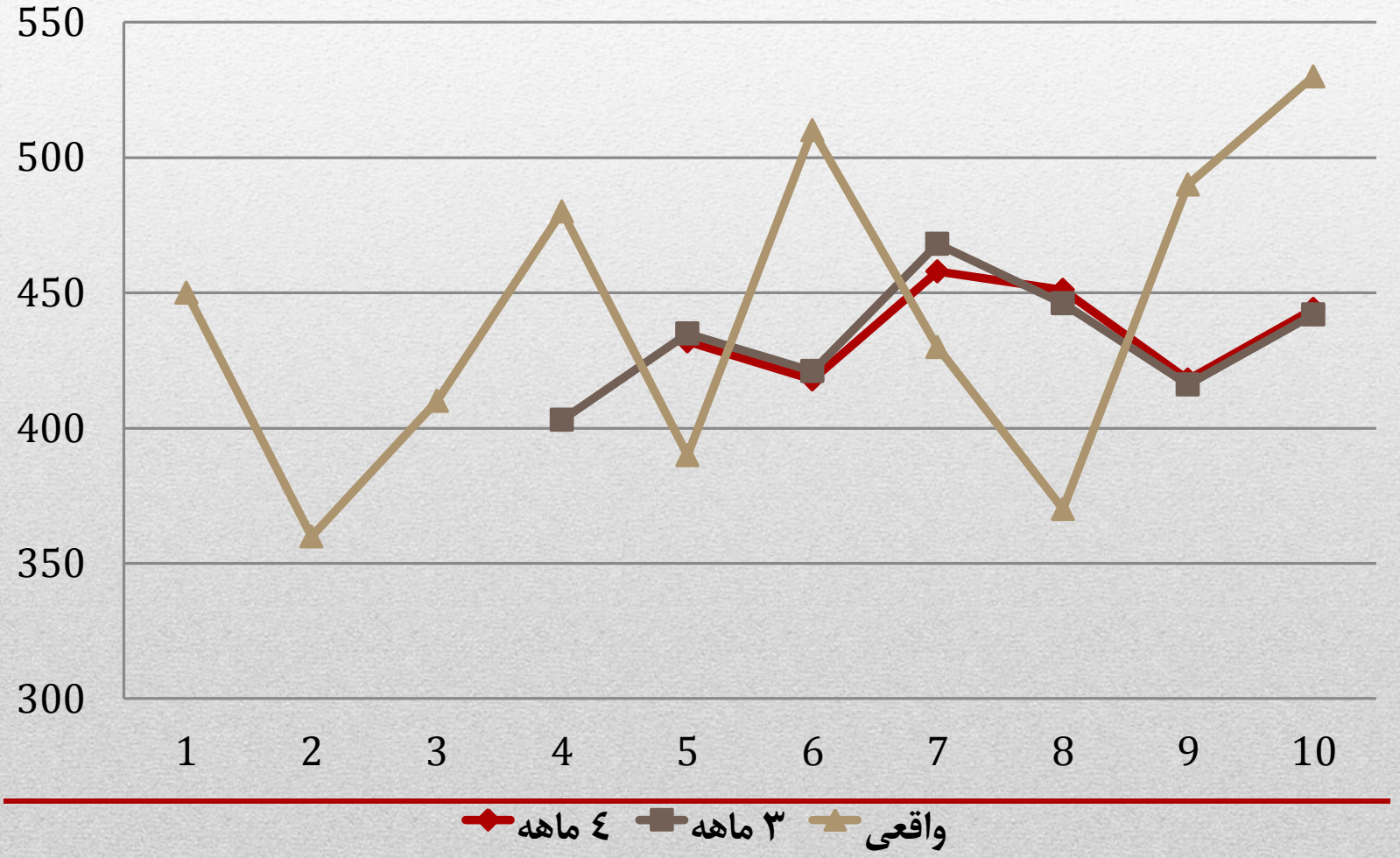
ماه	تقاضای واقعی	پیش‌بینی ۳ ماهه	پیش‌بینی ۴ ماهه
۱	۴۵۰		
۲	۳۶۰		
۳	۴۱۰		
۴	۴۸۰	۴۰۳	
۵	۳۹۰	۴۳۵	۴۳۲
۶	۵۱۰	۴۲۱	۴۱۸
۷	۴۳۰	۴۶۸	۴۵۸
۸	۳۷۰	۴۴۶	۴۵۱
۹	۴۹۰	۴۱۶	۴۱۸
۱۰	–	۴۴۲	۴۴۴

۳ ماهه: W1=0.2 W2=0.3 W3=0.5

۴ ماهه: W1=0.1 W2=0.2 W3=0.3 W4=0.4

irmgn.ir

مثال میانگین متحرک موزون ۲



irmgn.ir

روشهای سری زمانی:
هموارسازی نمایی (Exponential Smoothing)

- به کارگیری خطای پیش‌بینی دوره‌های قبل،
- هرچه α به صفر نزدیکتر باشد، خطای ناشی از پیش‌بینی کندتر اصلاح می‌شود. و هرچه α به ۱ نزدیکتر باشد، هموارسازی کمتری رخ می‌دهد.
- مقادیر بزرگتر α برای تغییرات زیاد و مقادیر کوچک برای تغییرات طبیعی و کوچک استفاده می‌شود.
- برای پیش‌بینی نخستین دوره، از یک برآورد ذهنی، یا از نخستین داده واقعی استفاده می‌شود.
- برای هماهنگی روشهای هموارسازی نمایی با میانگین متحرک با n دوره، α برابر ۲/(n+1)

$$F_t = (1- \alpha)F_{t-1} + \alpha A_{t-1} \qquad 0<\alpha<1$$

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

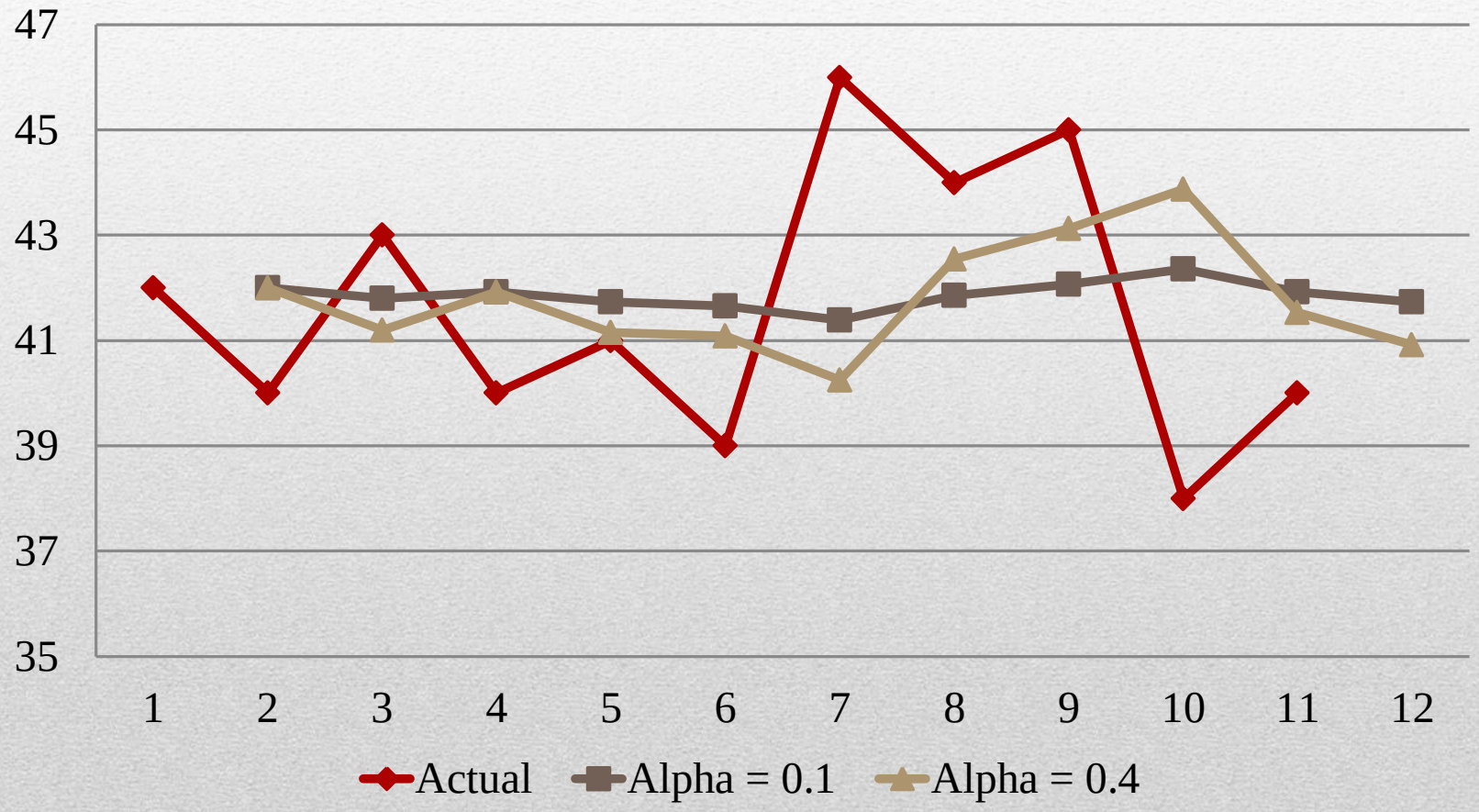
irmgn.ir

مثال هموارسازی نمایی ۱

Period	Actual	Alpha = 0.1	Error	Alpha = 0.4	Error
1	42				
2	40	42	-2.00	42	-2
3	43	41.8	1.20	41.2	1.8
4	40	41.92	-1.92	41.92	-1.92
5	41	41.73	-0.73	41.15	-0.15
6	39	41.66	-2.66	41.09	-2.09
7	46	41.39	4.61	40.25	5.75
8	44	41.85	2.15	42.55	1.45
9	45	42.07	2.93	43.13	1.87
10	38	42.36	-4.36	43.88	-5.88
11	40	41.92	-1.92	41.53	-1.53
12		41.73		40.92	

irmgn.ir

مثال هموارسازی نمایی ۲



irmgn.ir

روشهای سری زمانی:

هموارسازی نمایی رونددار

- روش هموارسازی نمایی دوبل برای تقاضایی که روند کاهشی یا افزایشی دارد.
- m معمولا برای پیش‌بینی تنها ۱ دوره بعد برابر ۱ قرار می‌گیرد.
- مقادیر α و β دو ثابت این روش است که با سعی و خطا انتخاب می‌شود.
- برای نخستین دوره S1 برابر مقدار واقعی تقاضا و b1 برابر صفر فرض می‌شود.

$$S_t = (1-\alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) + \alpha A_{t-1}$$

$$b_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1-\beta) b_{t-1}$$

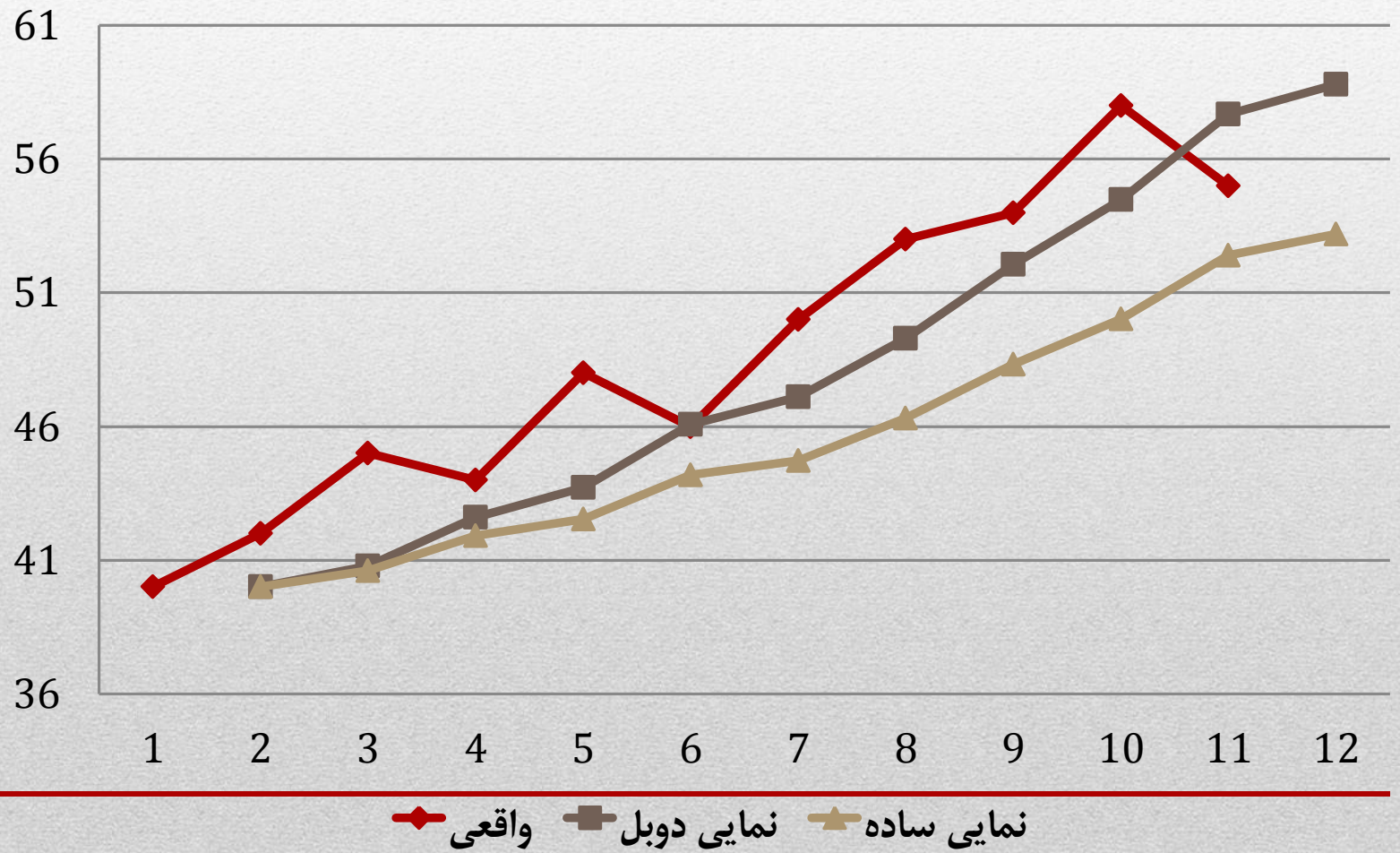
$$F_{t+m-1} = S_t + m\, b_t$$

مثال هموارسازی نمایی دوبل ۱

Period	Actual	α = 0.3, β=0.3	Error	نمایی ساده	Error2	C St	Bt
1	40			40		40.00	0.00
2	42	40	2.00	40.00	2	40.00	0.00
3	45	40.78	4.22	40.60	4.4	40.60	0.18
4	44	42.61	1.39	41.92	2.08	42.05	0.56
5	48	43.71	4.29	42.54	5.46	43.02	0.69
6	46	46.07	-0.07	44.18	1.82	45.00	1.07
7	50	47.11	2.89	44.73	5.27	46.05	1.07
8	53	49.30	3.70	46.31	6.69	47.98	1.33
9	54	52.07	1.93	48.32	5.68	50.41	1.66
10	58	54.48	3.52	50.02	7.98	52.65	1.83
11	55	57.68	-2.68	52.41	2.59	55.54	2.15
12		58.79		53.19		56.88	1.91

irmgn.ir

مثال هموارسازی نمایی دوبل ۲



irmgn.ir

روشهای سری زمانی:

تغییرات فصلی رونددار (Winters' method)

- هنگامی که تغییرات به صورت فصلی است، اما هر فصل نسبت به فصل مشابه قبلی دارای روند است، از این روش استفاده می‌شود.
- این روش در واقع هموارسازی نمایی سه‌گانه است.

$$S_t = (1-\alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) + \alpha (A_{t-1} / I_{t-L})$$

$$b_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1-\beta) b_{t-1}$$

$$I_t = \gamma (A_t / S_t) + (1-\gamma) I_{t-L}$$

L: زمان دوره فصول

$$F_{t+m-1} = (S_t + m\, b_t)\, I_{t-L+m}$$

irmgn.ir

روشهای سری زمانی:

نکات تغییرات فصلی رونددار

- پیش‌بینی برای دوره‌های دومین فصل به بعد امکان پذیر است.
- برای انجام پیش‌بینی فصلی روند دار داده‌های واقعی حداقل ۲ دوره مورد نیاز است.

- برای برآورد S_t در دوره‌های اولین فصل از میانگین تقاضای واقعی در دوره‌های آن فصل استفاده می‌شود.
- برای برآورد b_t در دوره های اولین فصل، میانگین تغییرات تقاضای هر دوره بین فصل ۱ و ۲ استفاده می‌شود.
- برای برآورد I_t در دوره های نخستین فصل از نسبت تقاضای واقعی به مقدار S_t همان دوره استفاده می‌شود.
- دقت کنید که محاسبه I_t تنها در محاسبات فصل بعدی تاثیر خواهد داشت. در حالی که S_t و b_t برای فصل کنونی نیز مورد نیاز است.

irmgn.ir

مثال هموارسازی فصلی رونددار

Period	Actual
1	65
2	43
3	32
4	85
5	61
6	41
7	29
8	79
9	58
10	38
11	25
12	?

- برای این مثال، مقادیر S1 تا S4 برابر میانگین تقاضای واقعی دوره‌های ۱ تا ۴ که در واقع دوره‌های فصل اول هستند، محاسبه می‌شود.
- همچنین مقادیر b1 تا b4 برابر میانگین مجموع اختلاف تقاضای واقعی دوره‌های ۱ تا ۴ که در فصل اول هستند و تقاضای واقعی دورههای ۵ تا ۸ که در فصل ۲ هستند، محاسبه خواهند شد.
- و مقادیر I1 تا I4 برابر نسبت تقاضای واقعی دوره‌های ۱ تا ۴ به مقادیر S1 تا S4 که قبلا گفته شد، محاسبه می‌شوند.

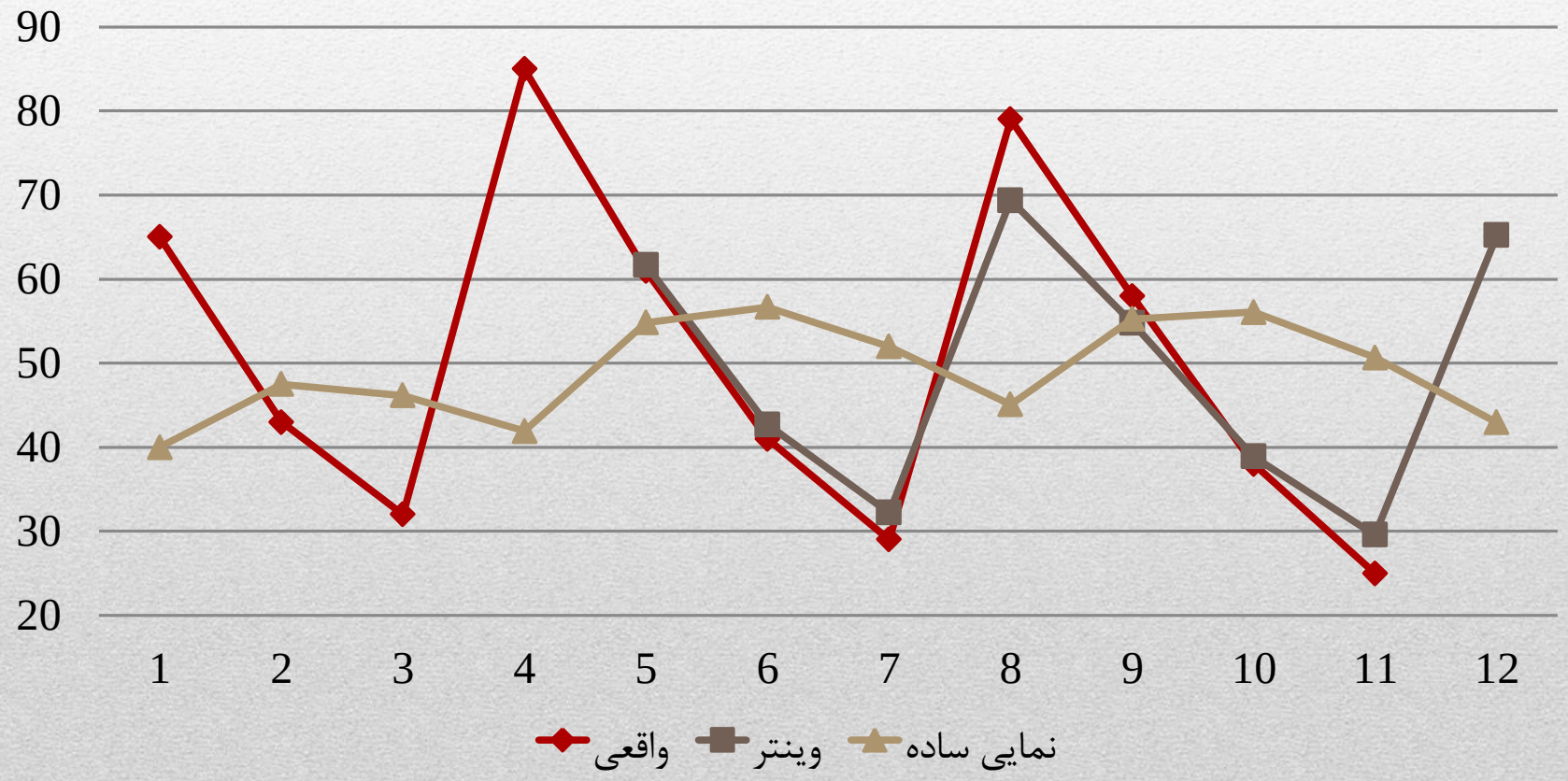
irmgn.ir

مثال هموارسازی فصلی رونددار

Period	Actual	α = 0.2, β=0.1, γ=0.1	Error	نمایی ساده	Error2	St	Bt	It
1	65			40		56.25	-3.75	1.16
2	43			47.50	-4.5	56.25	-3.75	0.76
3	32			46.15	-14.15	56.25	-3.75	0.57
4	85			41.91	43.10	56.25	-3.75	1.51
5	61	61.69	-0.69	54.83	6.17	56.71	-3.33	1.15
6	41	42.71	-1.71	56.68	-15.68	58.67	-2.80	0.76
7	29	32.22	-3.22	51.98	-22.98	59.11	-2.48	0.56
8	79	69.39	9.61	45.08	33.92	49.14	-3.23	1.52
9	58	54.78	3.22	55.26	2.74	50.50	-2.77	1.15
10	38	38.88	-0.88	56.08	-18.08	53.49	-2.19	0.75
11	25	29.58	-4.58	50.66	-25.66	54.59	-1.86	0.55
12		65.21		42.96		45.47	-2.59	-

irmgn.ir

مثال هموارسازی فصلی رونددار



irmgn.ir

روشهای مشارکتی:

تحلیل رگرسیونی (Regression)

- اساس کار شناخت عواملی که بر داده مورد پیش‌بینی تأثیر مستقیم می‌گذارد و شناخت رابطه آنها است.
- هدف رگرسیون خطی آن است که خط مستقیمی یافته شود که مجموع مربعات خطاهای داده‌ها از آن کمینه شود.
- خط رگرسیون به دست آمده تنها برای محدوده داده‌های واقعی قابل استناد است، بیرون از آن ممکن است روابط غیرخطی برقرار باشد.

$$b = n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)/n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2$$

$$a = \Sigma y - b\Sigma x/n$$

$$y_c = a + bx$$

$$r = n(\sqrt{\Sigma xy}) - (\Sigma x)(\Sigma y)/\sqrt{(n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2)}\ \sqrt{(n(\Sigma y^2) - (\Sigma y)^2)}$$

irmgn.ir

روشهای مشارکتی:

تحلیل رگرسیونی

- ضریب همبستگی قدرت و جهت رابطه دو متغیر را اندازه می‌گیرد. هرچه r به مقدار ۱+ یا ۱- نزدیکتر باشد، شدت ارتباط دو متغیر بیشتر است. عدد منفی r نشان دهنده معکوس بودن رابطه است.
- وجود ضریب همبستگی کوچک ممکن است حاکی از اثرگذاری عوامل دیگر در متغیر باشد.
- باید داده‌ها به صورت تصادفی حول محور خط توزیع شده باشند و طرح خاصی دیده نشود. تمرکز نقاط حول خط رگرسیون و وجود نقاطی با اختلاف زیاد از خط نشان‌دهنده نرمال بودن تغییرات است.
- برای به دست آوردن یک خط رگرسیون مناسب باید تعداد زیادی نقاط مشاهده داشته باشیم.

irmgn.ir

مثال تحلیل رگرسیونی

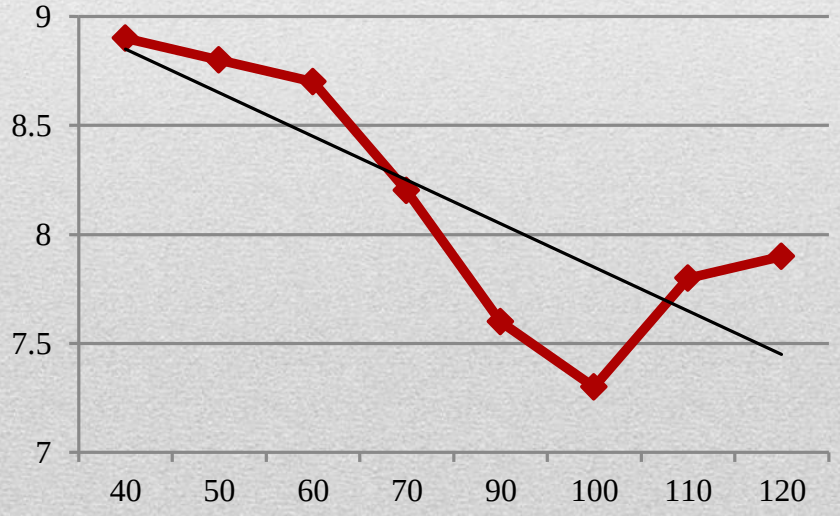
- تحلیل مناسب برای میزان مصرف بنزین در سرعتهای مختلف ارائه دهید.

X	Y	X^2	XY
۴۰	۸.۹	۱۶۰۰	۳۵۶
۵۰	۸.۸	۲۵۰۰	۴۴۰
۶۰	۸.۷	۳۶۰۰	۵۲۲
۷۰	۸.۲	۴۹۰۰	۵۷۴
۹۰	۷.۶	۸۱۰۰	۶۸۴
۱۰۰	۷.۳	۱۰۰۰۰	۷۳۰
۱۱۰	۷.۸	۱۲۱۰۰	۸۵۸
۱۲۰	۷.۹	۱۴۴۰۰	۹۴۸
640	65.2	57200	5112

$$b=(8*5112-(640*65.2)) / (8*57200-640^2) = -0.017$$

$$a = (65.2 + 0.017* 640)/8 = 9.537$$

$$Y = 9.537 - 0.017\ x \qquad r=0.508$$



irmgn.ir

صحت و کنترل پیش‌بینی‌ها

- برای انتخاب بهترین روش پیش‌بینی آزمون صحت روشهای مختلف بسیار مهم است.
- خطای پیش‌بینی: $e_t=A_t-F_t$

- در مقایسه روشهای مختلف باید تعداد دوره‌های پیش‌بینی شده با یکدیگر برابر باشد.
- معیارهای مقایسه تنها زمانی قابل استناد است که داده‌های مورد بحث معنادار باشند.

- معمولا داده‌ها به ۲ دسته "اولیه" و "تست" تقسیم می‌شوند، مجموعه اولیه برای به دست آوردن مدل‌های پیش‌بینی و مجموعه تست برای ارزیابی روشهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. چون مجموعه تست در ایجاد مدل نقشی نداشته، در قسمت ارزیابی قابل اطمینانتر است.

irmgn.ir

معیارهای کنترل پیش‌بینی‌ها ۱

- معیارهای میزان انحراف پیش‌بینی از واقعیت:

متوسط انحراف مطلق: Mean Absolute Deviation

$$MAD=E|A_t - F_t|=(\Sigma|A_t - F_t|)/n$$

متوسط مربع خطاها: Mean Squared Errors

$$MSE=(\Sigma(A_t - F_t)^2)/(n-1)$$

متوسط درصد خطای مطلق: Mean Absolute Percent Error

$$MAPE= (\Sigma|A_t - F_t|/A_t)*100/n$$

irmgn.ir

معیارهای کنترل پیش‌بینی‌ها ۲

- معیارهای جهت خطای پیش‌بینی:

شاخص نمایانگر (آزمون علامت): Tracking Signal

$$TS=E(e_t)/MAD= ((\Sigma A_t - F_t)/n)/((\Sigma |A_t - F_t|)/n)$$

میانگین خطاها: Mean of Error

$$ME=\Sigma(A_t - F_t)/n$$

میانگین درصد خطا: Mean Percent Error

$$MPE= (\Sigma(A_t - F_t)/A_t)*100/n$$

irmgn.ir

مثال مقایسه دو روش پیش‌بینی

Period	Actual
1	123
2	135
3	148
4	125
5	164
6	135
7	128
8	154
9	132
10	161
11	143
12	

- برای داده‌های روبرو از دو روش میانگین متحرک ۳ ماهه و هموارسازی نمایی با $\alpha=0.5$ برای دوره دوازدهم پیش‌بینی انجام دهید.
- سپس با استفاده از مقدار متوسط انحراف مطلق (MAD)، مشخص کنید کدام روش بهترین در مجموع بهترین پیش‌بینی برای این مجموعه از داده‌ها انجام می‌دهد.

irmgn.ir

پاسخ- مثال مقایسه دو روش پیش‌بینی

دوره	واقعی	متحرک ۳ ماهه	خطا ۱	هموارسازی	خطا ۲
1	123			123	
2	135			123	12
3	148			129.00	19
4	125	135.33	-10.33	138.50	-13.50
5	164	136.00	28.00	131.75	32.25
6	135	145.67	-10.67	147.88	-12.88
7	128	141.33	-13.33	141.44	-13.44
8	154	142.33	11.67	134.72	19.28
9	132	139.00	-7.00	144.36	-12.36
10	161	138.00	23.00	138.18	22.82
11	143	149.00	-6.00	149.59	-6.59
12		145.33	**13.75**	146.29	**16.64**

- به این دلیل که MAD روش میانگین متحرک ۳ ماهه از MAD روش هموارسازی نمایی کمتر است، روش میانگین ۳ ماهه روش برتر خواهد بود.

irmgn.ir

انتخاب روش مناسب پیش‌بینی

- دقیقترین روش پیش‌بینی لزوما بهترین روش نیست، بلکه دقیقترین روشی که هزینه-مؤثر باشد بهترین روش است.

- در دسترس بودن داده‌های مناسب به مقدار مورد نیاز، نرم‌افزار مناسب، و افراد متخصص مورد نیاز از جمله عوامل دخیل در انتخاب روش پیش‌بینی است.

- بررسی طرحهای موجود در داده‌ها و همچنین توجه به افق مورد نظر برای پیش‌بینی برای انتخاب روش مهم است.

irmgn.ir

بیا که قصر امل سخت سست بنیاد است بیار باده که بنیاد عمر بر باد است

غلام همّت آنم که زیر چرخ کبود ز هر چه رنگ تعلق پذیرد آزاد است

رضا به داده بده، وز جبین گره بگشای که بر من و تو در اختیار نگشاد ست

irmgn.ir

پرسش و پاسخ