
بسم الله الرحمن الرحيم

شرح جامع

مدیریت تولید

«مدیریت»

مولفان: فرزانه خسروانی - رضا جلالی

انتشارات ارشد

پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمند به ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجائی که درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای رفرنس(منابع) مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش می‌شد تمامی منابع پراکنده و گاهاً دست نایافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می شدند، که خدشه‌ای بر آنها وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آنقدر آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزهٔ آزمون‌های سراسری – آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی که شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد که حائز رتبه‌های تک رقمی کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آیید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای داوطلبان عزیز را پوشش داده است. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان لازم به ذکر است که بی نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، بنا براین از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

با تشکر

ناشـــــر

www.arshadbook. ir

«به نام آنکه مدیر است و مدبر»

پیشگفتار مؤلف

موقعیت‌های استراتژیک و تعیین‌کننده برای سازمان‌ها، محیط دائماً در حال تغییر و شرایط ویژه اقتصادی و صنعتی در ایران نیاز به تربیت مدیران آگاه و توانمند را بیش از پیش روشن می‌سازد. در این میان، دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی نقش بسزایی در تربیت کارشناسان و مدیران خبره دارند.

این کتاب که مشتمل بر ۱۶ فصل است، می‌تواند برای دانشجویان مقطع کارشناسی و داوطلبان کارشناسی ارشد در رشته‌های مدیریت صنعتی و مهندسی صنایع و IT مفید واقع شود. کتاب حاضر مجموعه‌ای کامل از مباحث دروس مدیریت تولید، کارخانه و کارسنجی، زمان‌سنجی، کنترل پروژه و کنترل کیفت می‌باشد. در پایان هر فصل سؤالات طبقه‌بندی شده آزمون‌های کارشناسی ارشد دانشگاه‌های سراسری آمده است.

امید است مجموعه فوق مورد قبول جامعه علمی کشور واقع شده و در ارتقاء سطح علمی دانشجویان مؤثر باشد و مطمئناً برای ادامه راه و رفع کاستی‌ها بی‌نیاز از لطف اساتید گرانقدر و خوانندگان گرامی نمی‌باشد. در نهایت از زحمات پدر و مادر گرامی‌مان که همواره مشوقمان بوده، و با صبوری و مهربانی راه را بر ما هموار گردانیده‌اند تشکر و قدردانی می‌کنیم.

فرزانه خسروانی
رضا جلالی
f.khosravani@modares.ac.ir
Jalali.rezaya@gmail.com

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ناشر ۳
پیشگفتار مؤلف ۴

فصل اول: پیش‌بینی تقاضا

سیستم پیشبینی تقاضا ۱۵
۱- ورودی های سیستم پیشبینی ۱۵
۲- محدودیت های سیستم پیشبینی ۱۵
۳- تصمیمات سیستم پیشبینی ۱۶
۴- معیار عملکرد سیستم پیشبینی ۱۶
۴-۱. صحت پیشبینی ۱۶
۵- خروجیهای سیستم پیشبینی ۱۶
۶- روشهای پیشبینی برای تبدیل ورودیها به خروجیها ۱۷
روش نظر خواهی از فروشندگان ۱۷
روش توافق جمعی ۱۸
انتظارات مصرفکنندگان ۱۸
روش دلفی ۱۸
مدل‌های اقتصادسنجی ۱۸
روش های پیشبینی با سریهای زمانی ۱۸
مدل سازی در سریهای زمانی ۱۹
روش جمعی Y=T+C+S+R ۱۹
روش ضربی Y=T.S.C.R ۱۹
روش نایو (آخرین دوره) ۱۹
روش میانگین ساده ۲۰
روش میانگین متحرک ۲۰
روش میانگین متحرک وزنی ۲۱
روش نمودار هموار ساده ۲۱
روش هموارسازی نمائی تعدیل شده ۲۲
روش حداقل مجذورات ۲۳
روش نوسانات فصلی ۲۴
روش باکس- جنکینز ۲۵

عنوان **صفحه**

ترکیب روشهای پیشبینی تقاضا ۲۵
تعیین میزان صحت پیشبینی ۲۶
روش های کنترل پیشبینی تقاضا ۲۶
روش علامت نمایانگر (TS) ۲۶
روش میانگین مجذور خطا (MSE) ۲۷
خلاصه فصل ۲۸
تست‌های آخر فصل ۲۹
پاسخنامه تست‌های آخر فصل ۳۴

فصل دوم : مکان یابی

الف) عوامل مؤثر در تعیین محل استقرار سازمان در دیدگاه سیستمی ۳۸
ب) عوامل مؤثر در تعیین محل استقرار سازمان براساس محدوده جغرافیایی ۳۸
ج) عوامل مؤثر در تعیین محل کارخانه یا سازمان خدماتی ۳۸
۱- عوامل مربوط به بازار ۳۸
۲- عوامل مربوط به هزینههای مشهود ۳۸
۳- عوامل غیر مشهود ۳۹
روشهای کمی برای یافتن مناسبترین مکان ۳۹
۱- روش نیروی جاذبه (روش مرکز ثقل) ۳۹
۲- روش حرکت- مسافت(بار – فاصله) ۴۰
۳- روش وزندهی به عوامل جایابی ۴۱
۴- مدل میانه ۴۲
روش براون- جیسون ۴۳
انتخاب محل با استفاده از مدل سر به سر ۴۳
خلاصه فصل ۴۵
تست‌های آخر فصل ۴۶
پاسخنامه تست‌های آخر فصل ۴۷

فصل سوم :تجزیه و تحلیل سر به سر

درآمد کل: ۵۲
سود (زیان): ۵۲
حداکثر کردن سود و یا حداقل کردن زیان: ۵۲
محاسبه نقطه سر به سر برای چند محصول: ۵۴
تجزیه و تحلیل نقطهٔ سر به سر غیر خطی ۵۶
خلاصه فصل ۵۷
تست‌های آخر فصل ۵۸
پاسخنامه تست‌های آخر فصل ۶۰

عنوان **صفحه**

فصل چهارم :طراحی و توسعه محصول

ویژگی‌های یک فرآیند طراحی مؤثر ۶۳
دوره زندگی یک کالا یا خدمت ۶۳
فرآیند طراحی محصول ۶۴
معایب روش فوق ۶۵
مزایای روش نوین طراحی محصول ۶۵
مراحل تبدیل ایده به طرح محصول و توسعه آن ۶۵
بهبود فرآیند طراحی ۶۷
گام‌های فرآیند FMEA ۶۷
اجزای ماتریس خانه کیفیت (HOQ) عبارتند از: ۶۹
کاربرد فناوری در طراحی ۷۰
تفاوت خدمت و کالا ۷۰
خلاصه فصل ۷۱
تست‌های آخر فصل ۷۲
پاسخنامه تست‌های آخر فصل ۷۵

فصل پنجم :کارسنجی و زمان‌سنجی

مطالعه کار ۸۰
اهداف مطالعه کار ۸۰
اهداف کارسنجی (روش سنجی): ۸۰
مراحل کارسنجی و زمان سنجی ۸۱
کارسنجی ۸۱
زمان سنجی ۸۱
روشهای کارسنجی ۸۱
نمودار سیمو یا دست راست و چپ: ۸۲
نمودار انسان- ماشین ۸۲
روشهای زمانسنجی ۸۳
روش نمونهگیری کار ۸۶
روش MTM (اندازهگیری زمان) ۸۸
معایب و مزایای این روش عبارتند از: ۸۸
مزایا ۸۸
معایب ۸۸
MOST (تکنیک توالی عملیات مینارد) ۸۹
خلاصه فصل ۹۰
تست‌های آخر فصل ۹۱

عنوان **صفحه**

پاسخنامه تست‌های آخر فصل ۹۵

فصل ششم :نحوه استقرار ماشینآلات و تجهیزات و دفاتر

انواع طراحیهای استقرار ۹۹
لی اوت بر اساس محصول(خط تولید) یا جریانی یا پیوسته ۹۹
خصوصیات اصلی لی اوت بر اساس محصول: ۱۰۰
لی اوت بر اساس فرآیند (کارگاهی) ۱۰۰
لیاوت تکنولوژی گروهی GT (سلولی) ۱۰۱
خصوصیات لی‌اوت بر اساس تکنولوژی گروهی: ۱۰۱
سیستم تولید انعطافپذیر (FMS) ۱۰۲
خطوط مونتاژ چند مدلی ۱۰۲
تجزیه و تحلیل لی‌اوت بر اساس محصول ۱۰۲
روش بیشترین زمان فعالیتها ۱۰۳
روش کمترین زمان فعالیتها ۱۰۴
روش بیشترین فعالیتهای مابعد ۱۰۵
روش بیشترین وزن رتبهبندی شده فعالیتها ۱۰۶
برنامهریزی سیستماتیک طرح استقرار(SLP) ۱۱۰
روشهای ابتکاری کامپیوتری ۱۱۰
خلاصه فصل ۱۱۲
تست‌های آخر فصل ۱۱۳
پاسخنامه تست‌های آخر فصل ۱۲۲

فصل هفتم :منحنی یادگیری

موارد استفاده از منحنی یادگیری ۱۲۸
خلاصه فصل ۱۲۹
تست‌های آخر فصل ۱۳۰
پاسخنامه تست‌های آخر فصل ۱۳۱

فصل هشتم :برنامه ریزی و کنترل پروژه

انواع روش های برنامهریزی و کنترل پروژه ۱۳۵
(۱) نمودار گانت ۱۳۶
(۲) روش مسیر بحرانی ۱۳۶
(۳) تکنیک ارزیابی و تجدیدنظر در برنامه(PERT) ۱۳۹
زمانهای شناور ۱۴۱
بهنگام سازی پروژه ۱۴۱
موزانه هزینه و زمان ۱۴۲

عنوان **صفحه**

شبکههای پیشنیازی(PN) ۱۴۴
انواع روابط وابستگی در شبکه پیشنیازی ۱۴۴
خلاصه فصل ۱۴۸
تستهای آخر فصل ۱۴۹
پاسخنامه تستهای آخر فصل ۱۵۳

فصل نهم :برنامه‌ریزی جامع

۱- برنامههای بلندمدت تولید ۱۵۷
۲- برنامههای میان مدت تولید ۱۵۷
۳- برنامههای کوتاه مدت یا زمانبندی ۱۵۷
مسئله برنامهریزی میان مدت (تجمیعی) ۱۵۹
استراتژیهای تولید ۱۵۹
استراتژی تولید متغیر ۱۵۹
استراتژی تولید ثابت ۱۶۰
محاسبه هزینهها: ۱۶۱
استراتژی تولید ترکیبی ۱۶۱
محاسبه هزینهها: ۱۶۲
برنامهریزی جامع تولید ۱۶۳
روشهای برنامهریزی تجمیعی ۱۶۴
خلاصه فصل ۱۶۶
پاسخنامه تستهای آخر فصل ۱۷۰

فصل دهم :برنامهریزی و برآورد تعداد ماشینآلات و تجهیزات

برآورد تعداد ماشین آلات و تجهیزات در فرآیند تولید یک مرحلهای ۱۷۳
برآورد تعداد ماشینآلات و تجهیزات در فرآیند چند مرحلهای ۱۷۴
خلاصه فصل ۱۷۸
تستهای آخر فصل ۱۷۹
پاسخنامه تستهای آخر فصل ۱۸۳

فصل یازدهم :برنامه‌ریزی مواد مورد نیاز

فرآیند برنامهریزی مواد اولیه ۱۸۷
زمان بندی اصلی تولید (برنامه تفصیلی تولید) یا MPS ۱۸۷
لیست مواد و قطعات (BOM) ۱۸۷
صورت موجودی مواد ۱۸۸
زمان تأخیر تا دریافت سفارش ۱۸۸
خروجی های MRP : ۱۸۸

عنوان **صفحه**

انواع سیستم های برنامه ریزی مواد ۱۸۸
تست‌های آخر فصل ۱۹۳
پاسخنامه تست‌های آخر فصل ۱۹۶

فصل دوازدهم :مدیریت موجودی

سیستم کنترل موجودی ABC ۱۹۹
هزینه های سفارش (C_o) ۲۰۰
هزینه نگهداری (C_h) ۲۰۰
هزینه های کمبود (C_s) ۲۰۰
مدلهای کنترل موجودی ۲۰۰
مدل موجودی در شرایط تخفیف در قیمت: ۲۰۱
مدل میزان اقتصادی تولید (EPQ) ۲۰۲
مدل یک مرحله‌ای موجودی در شرایط ریسک ۲۰۴
مقدار بهینه سفارش ۲۰۴
محاسبه نقطه سفارش مجدد و ذخیره احتیاطی تحت شرایط: ۲۰۵
سیستم مقدار ثابت سفارش (FOQ) یا مرور دائم ۲۰۶
سیستم فاصله ثابت زمانی بین سفارشات FOI یا مرور دوره‌ای ۲۰۶
سیستم انبار پایه یا سفارش اختیاری (OR) ۲۰۶
تست‌های آخر فصل ۲۰۹
پاسخنامه تست‌های آخر فصل ۲۱۶

فصل سیزدهم :برنامه‌ریزی در سیستم‌های غیرپیوسته

روشهای برنامه‌ریزی در سیستمهای غیر پیوسته ۲۲۱
روش تخصیص منابع ۲۲۱
روش تعیین ترتیب انجام سفارش‌ها به ترتیب ورود FCFS ۲۲۳
متوسط زمان تکمیل سفارش‌ها: ۲۲۳
متوسط تعداد سفارش‌ها در سیستم: ۲۲۴
متوسط تعداد سفارش در صف: ۲۲۴
متوسط زمان دیرکرد: ۲۲۴
روش تعیین ترتیب انجام سفارشها براساس کمترین زمان تولید SPT ۲۲۴
روش جانسون ۲۲۵
روش بهترین طریق بعدی NBR ۲۲۶
روش تعیین ترتیب انجام سفارش‌ها براساس حداقل نمودن متوسط زمان تاخیر در تحویل کالا (SLACK) ۲۲۶
روش نرخ بحرانی CR ۲۲۷
روش زودترین موعد تحویل DD ۲۲۸
روش مور (MOORE) ۲۲۹

عنوان **صفحه**

روش کوتاهترین زمان تولید فعالیتهای اولویت دار (WSPT)..... ۲۲۹
خلاصه فصل..... ۲۳۰
تست‌های آخر فصل..... ۲۳۱
پاسخنامه تست‌های آخر فصل..... ۲۳۸

فصل چهاردهم :کنترل کیفیت

گامهای اساسی در کنترل کیفیت:..... ۲۴۱
سیستم کنترل متغیرها و سیستم کنترل وصفیها..... ۲۴۲
نمودار P و np:..... ۲۴۴
نمونه گیری پذیرش..... ۲۴۷
انواع نمونهگیریهای پذیرش..... ۲۴۷
- برنامه نمونهگیری دوباره..... ۲۴۷
منحنی مشخصات عملیات OC..... ۲۴۷
متوسط کیفیت خروجی (AOQ)..... ۲۴۸
خلاصه فصل..... ۲۵۰
تست‌های آخر فصل..... ۲۵۱
پاسخنامه تست‌های آخر فصل..... ۲۵۵

فصل پانزدهم :تئوری صف

خصوصیات سیستم صف:..... ۲۵۹
پارامترهای یک سیستم صف:..... ۲۶۰
خلاصه فصل..... ۲۶۳
تست‌های آخر فصل..... ۲۶۴
پاسخنامه تست‌های آخر فصل..... ۲۶۶

فصل شانزدهم : مفاهیم نوین مدیریت تولید و عملیات

تولید چابک..... ۲۶۹
سیستم تولید چابک..... ۲۶۹
ابعاد چهارگانه تولید چابک:..... ۲۶۹
مدیریت زنجیره تأمین..... ۲۷۱
مدیریت کیفیت جامع..... ۲۷۲
اصول مدیریت کیفیت جامع:..... ۲۷۲
کیفیت از دیدگاه مشتری..... ۲۷۳
کیفیت از دیدگاه تولید کنندگان..... ۲۷۳
چرخه کیفیت..... ۲۷۴
تئوری محدویتها..... ۲۷۴

عنوان **صفحه**

تولید بهنگام و ناب ۲۷۴
انواع ضایعات در این سیستم عبارتند از: ۲۷۵
عناصر کلیدی در تولید بهنگام و ناب ۲۷۵
۱) برنامه تولید ثابت و یکنواخت در افق زمانی مشخص ۲۷۵
۲) حداقل نمودن موجودی‌ها ۲۷۵
۳) کوچک بودن دسته‌های تولید ۲۷۶
۴) راه‌اندازی سریع با کمترین هزینه ۲۷۶
چگونگی به کارگیری روش SMED (راه‌اندازی قالب در چند دقیقه) ۲۷۶
۵) لی‌اوت ماشین‌آلات بر اساس تکنولوژی گروهی (GT) ۲۷۶
۶) سرویس‌های پیشگیرانه و تعمیرات ۲۷۷
۷) استفاده از کارکنان چندمنظوره ۲۷۷
۸) بالا بردن سطح کیفیت ۲۷۷
۹) روحیه همکاری و مشارکت‌جویانه ۲۷۸
۱۰) عرضه‌کنندگان مواد اولیه قابل اعتماد ۲۷۸
۱۱) استفاده از فرآیند تولید کششی ۲۷۸
چند نکته در مورد کارت کانبان: ۲۷۹
۱۲) استفاده از روش‌های مسائل گروهی ۲۸۰
۱۳) ایجاد بهبود مستمر در همه اجزای فرآیند ۲۸۰
خلاصه فصل ۲۸۱
تست‌های آخر فصل ۲۸۲
پاسخنامه تست‌های آخر فصل ۲۸۶
منابع و مآخذ ۲۸۷

فصل اول

پیش‌بینی تقاضا

عناوین اصلی

- ورودی های سیستم پیش‌بینی
- محدودیت های سیستم پیش‌بینی
- تصمیمات سیستم پیش‌بینی
- خروجی‌های سیستم پیش‌بینی
- روش‌های پیش‌بینی برای تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها
- روش های کنترل پیش‌بینی تقاضا

فصل اول

پیش‌بینی تقاضا

پیش‌بینی به معنای تخمین امری است که در آینده رخ می‌دهد. هر سازمان برای ادامه حیات خود و تخمین موفقیتش در بازار رقابتی و داشتن ارتباط با محیط خود نیازمند پیش بینی است. از این رو پیش‌بینی، نقش بسیار مهمی در تصمیم گیری و برنامه ریزی دارد.

پیش‌بینی تقاضای محصول، فرآیند تخمین تقاضای آینده از نظر کمی، کیفی، زمانی و مکانی برای کالاها و خدمات خواسته شده است، که زیربنای برنامه ریزی جامع تولید می‌باشد.

پیش بینی تقاضا بر اساس طول دوره برنامه ریزی مورد توجه مدیران عملیات قرار می‌گیرد.

پیش بینی تقاضا در افق کوتاه مدت (دوره های یک ساله یا کمتر) صورت می‌گیرد که متفاوت با برنامه ریزی استراتژیک که در دوره‌های بلندمدت (۵ ساله یا بیشتر) انجام می‌شود، می‌باشد. کلیه فعالیت‌هایی که در زنجیره عرضه صورت می‌گیرد در کوتاه‌مدت به میزان تقاضا و در بلندمدت به محصول و فرآیند جدید، پیشرفت تکنولوژی و تغییرات بازار وابسته است.

سیستم پیش‌بینی تقاضا

از سیستم پیش‌بینی تقاضا به عنوان یک فعالیت درون سازمانی انتظار می‌رود که پیش‌بینی اطلاعات مربوط به آینده بازاریابی، مالی، تولید و دیگر موارد را در جهت مقاصد برنامه‌ریزی فراهم نماید. این سیستم دارای اجزای زیر می‌باشد:

۱- ورودی های سیستم پیش‌بینی

داده های مورد نیاز برای پیش‌بینی تقاضا از منابع داخلی و خارجی بدست می‌آیند. داده‌های تاریخی به صورت سری زمانی، فروش‌ها یا سفارشات قبلی، نظرات متخصصین و یا نتایج بررسی‌های ویژه به عنوان ورودی‌های اطلاعاتی دورن سازمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند و منابع خارجی، اطلاعاتی با ارزش در زمینه پیش بینی‌های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فناوری فراهم می‌سازند. منابع اضافی شامل متخصصین صنعت، شرکت‌های ساختمانی خصوصی و یا موسسه‌های دولتی هستند.

برای پیش‌بینی کوتاه‌مدت و میان‌مدت در یک محیط نسبتاً ثابت به طور معمول باید روی منابع داخلی تکیه کرد و برای پیش بینی های بلندمدت منابع خارجی بسیار باارزش خواهند بود.

۲- محدودیت های سیستم پیش‌بینی

انتخاب روش پیش‌بینی و مقدار پیش‌بینی‌های انجام شده به شدت به محدودیت‌های اعمال شده در سیستم پیش‌بینی بستگی دارد که این محدودیت‌ها به قرار زیرند:

۱- زمان موجود برای تهیه پیش‌بینی

۲- فقدان اطلاعات مورد نظر از منابع داخلی و خارجی
۳-کیفیت اطلاعات موجود
۴- تجربه داخل سازمان
۵- امکانات محاسباتی در دسترس

سه محدودیت اول، کیفیت پیش‌بینی را محدود خواهند کرد. البته محدودیت‌های ۴و ۵ می‌توانند با افزایش بودجه‌ی سیستم پیش‌بینی کاهش یابند.

۳- تصمیمات سیستم پیش‌بینی

تصمیمات پیش‌بینی بستگی به مقدار و کیفیت داده های موجود و همچنین روش های انتخاب شده دارد.

۴- معیار عملکرد سیستم پیش‌بینی

اثربخشی سیستم پیش‌بینی در جهت خدمت به سازمان بر اساس چهار معیار ارزیابی می‌شود:

۴-۱. صحت پیش‌بینی

مهمترین صفت پیش‌بینی، صحت آن است. خطای پیش‌بینی(تفاوت بین تقاضای واقعی و تقاضای پیش‌بینی شده) همیشه به معنی مصرف هزینه اضافی است. بنابراین پیش‌بینی‌های خوشبینانه و یا بدبینانه می‌تواند منشأ مشکلات جدی برای سازمان باشد. پیش‌بینی خوشبینانه(وقتی تقاضای پیش‌بینی شده بیشتر از تقاضاهای واقعی باشد)، ظرفیت بیکار یا موجودی مازاد که هزینه پولی دارد(سرمایه راکد و غیره) را به همراه خواهد داشت و پیش‌بینی بدبینانه(وقتی که تقاضای پیش‌بینی شده کمتر از تقاضای واقعی باشد) سودهای بر باد رفته، هزینه های افزایش یافته و از دست رفتن شهرت را در پی خواهد داشت.

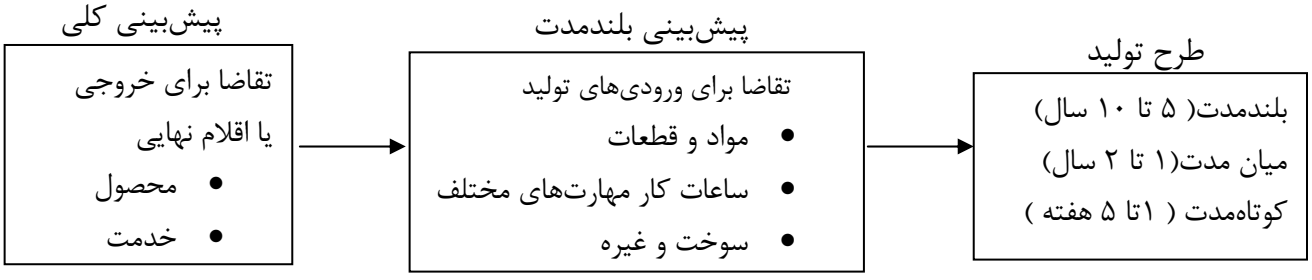
۴-۲. ثبات در مقابل تأثیرپذیری

۴-۳. واقعیت

۴-۴. زمان مورد نیاز برای پیش‌بینی

۵- خروجی‌های سیستم پیش‌بینی

خروجی‌های پیش‌بینی تقاضا در برنامه‌ریزی تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولی قبل از آن که اطلاعات مربوط به تقاضا برای محصولات خروجی را به ورودی های مختلف برای تولید تبدیل کنیم باید بعد از اینکه مقدار تقاضا در آینده تخمین زده شد، ساعات کار، سودهی ماشین‌آلات و تجهیزات مختلف، میزان انرژی مورد نیاز و سایر موارد نیز برآورده شود. به طور عمده تبدیل تقاضا برای محصول‌های نهایی به تقاضا برای مواد اولیه بستگی به ثبات طرح محصول دارد.



تبدیل تقاضا به نیازمندی‌های ورودی تولید

۶- روش‌های پیش‌بینی برای تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها

روش‌های پیش‌بینی به افق برنامه‌ریزی بستگی دارد. انتخاب روش مناسب تحت تأثیر محدودیت‌های موجود در سیستم، زمان انجام پیش‌بینی است. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به قابلیت دسترسی و کیفیت داده‌های مربوط، زمان، مهارت‌هاو امکانات محاسباتی اشاره کرد. روش‌های انجام پیش‌بینی تقاضا از نظر ماهیت به شرح زیر دسته‌بندی می‌شوند:

(۱) روش‌های کیفی (۲) روش‌های کمی

و یا در یک تقسیم‌بندی دیگر به دسته‌های ذهنی(پیش‌گویی)، علی و سری های زمانی تقسیم می‌شوند.

روش‌های کیفی از تجربه، نگرش و قضاوت افراد برای پیش‌بینی تقاضا کمک می‌گیرند و بیشتر برای پیش‌بینی‌های بلندمدت به کار می‌روند. اما روش‌های کمی از روش‌های ریاضی و آمار برای پیش‌بینی استفاده می‌کنند و بیشتر برای پیش‌بینی‌های کوتاه مدت و میان مدت به کار گرفته می‌شوند.

روش‌های پیش‌بینی ذهنی، اغلب بر تجربه و نظرات افراد درون یا بیرون سازمان متکی هستند. به طور کلی چنین فنونی در مواردی به کار گرفته می‌شوند که زمان کم باشد، داده‌های مربوط قدیمی شده باشند و یا داده های موجود برای آینده دورتر کافی نباشند. این روش‌ها به طور عمده وقتی که بخواهیم برای یک دوره طولانی، برنامه‌ریزی راهبردی انجام دهیم مورد استفاده قرار می‌گیرند.

روش‌های علی (سببی)، وقتی که فرآیند ایجاد تقاضا برای پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت یا میان‌مدت ثابت باقی بماند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این صورت، می‌توان مدل پیش‌بینی جدید را طوری طراحی کرد که تقاضا را به متغیرهای داخلی و محیطی موجود در سطح تقاضای مشهود مربوط کند.

در تحلیل‌های سری زمانی، هدف ارائه الگویی در فرآیند ایجاد تقاضا است. شناخت چنین الگویی ما را قادر به پیش‌بینی صحیح‌تر تقاضای آینده می‌کند. البته فرض ما این است که فرآیند از ثبات برخوردار است.

روش‌های پیش‌بینی
- کیفی یا قضاوتی: نظرخواهی از فروشندگان، روش توافق جمعی، انتظارات مصرف کنندگان، دلفی
- کمی
  - سببی: رگرسیون، مدل داده- ستاده، مدل شاخص راهنما، طول عمر، اقتصاد سنجی، مدل‌های پویایی سیستم
  - سری زمانی: میانگین متحرک، میانگین متحرک وزنی، میانگین ساده، هموارسازی نموساده، هموارسازی نمودوبل، باکس- جنکینز، تعیین روند، خودرگرسیون، نایو

روش نظر خواهی از فروشندگان

در این روش، برای پیش‌بینی تقاضا از فروشندگان هر منطقه درباره فروش دوره بعد نظرخواهی می‌شود. سپس نظر یکایک آنها جمع‌آوری شده و تقاضای دوره بعد پیش‌بینی می‌شود. فروشندگان بواسطه ارتباط مستقیمی که با مشتری دارند می‌توانند میزان تقاضا را پیش‌بینی نمایند، بالاخص، هنگامیکه محصول جدیدی عرضه می‌شود (چون از سلیقه مشتریان آگاهی دارند). مشارکت فروشندگان در برنامه‌ریزی باعث افزایش انگیزش آنها خواهد شد.

روش توافق جمعی

در این روش، پیش‌بینی تقاضا طی بحث و تبادل‌نظر در جلسه‌ای با حضور متخصصان، کارشناسان و مدیران سازمان انجام می‌گیرد و از جنبه‌های مختلف به مسأله نگریسته می‌شود و پیش‌بینی صورت می‌گیرد. عیب این روش آنست که افراد تحت تأثیر نظر اکثریت قرار می‌گیرند.

انتظارات مصرف‌کنندگان

برای پیش‌بینی تقاضا می‌توان از نظرات مصرف‌کنندگان بهره گرفت و انتظارات آنها را جویا شد. البته به دلیل آنکه با مصرف‌کننده ارتباط مستقیم برقرار می‌شود برای بهبود محصول یا توسعه محصول جدید بسیار کارآمد است. این روش، زمان‌بر و هزینه‌بر است.

روش دلفی

در این روش از یک هیئت متشکل از متخصصین استفاده می‌شود که به یک پرسشنامه در مورد تقاضای آینده پاسخ می‌دهند. تخمین‌های فردی، جمع‌آوری و خلاصه شده و نتایج بدست آمده به همان افراد بازگردانده می‌شود و آن‌ها با تبادل‌نظر در حدس‌های اولیه تجدیدنظر می‌کنند. این ساز و کار، بازخور تخمین تقاضای قابل قبول را آسان‌تر می‌سازد و ممکن است در چندین نوبت تکرارشود. البته به طور معمول هزینه این روش زیاد است. این روش برای پیش‌بینی‌های بلندمدت به کار گرفته می‌شود.

مدل‌های اقتصادسنجی

مدل‌های اقتصادسنجی شامل یک سیستم معادلات آماری است که فعالیت‌های بخش‌های مختلف را به یکدیگر مرتبط می‌سازد و تأثیر آنها را بر تقاضای محصولات و خدمات تعیین می‌کند. بنابراین، مدل گسترش یافته تحلیل رگرسیون است. مدل‌های اقتصادسنجی هنگامی که عوامل علی مورد استفاده در یک معادله رگوسیون، وابستگی متقابل دارند، به کار می‌رود.

روش های پیش‌بینی با سری‌های زمانی

وقتی که میزان تقاضای یک محصول تابعی از زمان $Y = f(t),(t)$ باشد، با روش های سری زمانی می‌توان مقادیر تقاضا را برای دوره جدید برآورد نمود (برخلاف روش سببی(علی) که تقاضا با عاملی غیر از زمان رابطه دارد). در تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، تقاضای تجربه شده در یک دوره، نتیجه چهار عامل متأثر از یکدیگر یا اجزای سری‌های زمانی در نظر گرفته می‌شود.

این عوامل(اجزاء) به شرح زیرند:

الف) جزء روند (T): این جزء نشان‌دهنده کاهش یا افزایش عمومی سری در طول زمان است. برای مثال نرخ رشد قیمت‌ها به طور متوسط هر ساله ٪۱۰است و این عنصر در حالت عادی نیز به شکل روند وجود دارد.

پیچیدگی و عدم اطمینان محیطی نشانه وجود طبیعی نوسانات تصادفی در تقاضای واقعی است.

ب) جزء دوره‌ای (C): نشان‌دهنده تغییرات دوره‌ای تقاضاست با این تفاوت که چرخه تکرار دوره‌ها بیش از یکسال است. بطور مثال می‌توان رکود یا رونق اقتصادی را نام ببرد. مطالعه این دوره‌ها معمولاً به داده‌های ۲۰ تا ۱۵ ساله نیاز دارد.

در یکسری زمانی، دوره بازرگانی به انحراف زیاد و غیرتکراری مقادیر تقاضای واقعی مربوط می‌شود و نتیجه تحولات اقتصادی در یک دوره بازرگانی در نظر گرفته می‌شوند. این دوره‌ها الگوی تکراری ندارند و قابل پیش‌بینی و کنترل نیستند.

ج) جزء فصلی(S): این جزء نشان‌دهنده تغییرات فصلی تقاضا برای کالا است. که ممکن است به وضع هوا، سیاست‌ها و تصمیمات مدیریت و غیره بستگی داشته باشد. جزء فصلی به نوسانات تکراری تقاضا مربوط می‌شود.

و) جزء تصادفی(R): این جزء مربوط به تغییرات کوچکی است که در تقاضا ایجاد شده و عوامل فوق العاده زیادی درآن دخیل است. این جزء به عدم اطمینان محیطی نسبت داده می‌شود و به معنی اختلال در چگونگی درک ما از فرآیند ایجاد تقاضاست. این جزء، جزء بی‌قاعده در تقاضاست.

برای پیش‌بینی‌های بلندمدت عوامل فصلی یا تصادفی معمولاً نادیده گرفته می‌شوند و معمولاً روی جزء روند بیش از دوره بازرگانی تأکید می‌شود. برای پیش‌بینی‌های میان‌مدت عامل روند کم اهمیت‌تر شده و تمرکز بر عوامل فصلی و دوره‌ای است که به این طریق جزء تصادفی یا هر متغیر عادی کوتاه‌مدت دیگر مجاز شمرده می‌شود.

مدل سازی در سری‌های زمانی

هنگامی که مقادیر تقاضا در طول سال‌های مختلف، دارای اجزای مختلفی باشند، می‌توان به روش زیر مدلسازی شوند. گاهی اجزای یک سری زمانی را می‌توان تفکیک و اثر هر یک را در تقاضای دوره جدید بررسی نمود. این روش را روش تجزیه‌ای می‌نامند. در این روش یک سری زمانی در نظر گرفته می‌شود و آن را به اجزای تشکیل‌دهنده تجزیه می‌نمایند. روش تجزیه‌ای بر این پیش‌فرض استوار است که عناصر تشکیل‌دهندهٔ سری زمانی، مستقل از یکدیگر عمل می‌کنند و شرایط حاکم بر آنها ثابت است. انواع آن عبارتست از:

روش جمعی Y=T+C+S+R

در چنین فرمولی تمام اجزاء باید در واحدهای یکسان بیان می‌شوند در این فرض مشکلات عملی و نظری افزایش می‌یابد.

روش ضربی Y=T.S.C.R

در این روش اثرات نوسانات دوره‌ای، تصادفی و فصلی به صورت درصد تعدیلات نشان داده شده‌اند.

روش نایو (آخرین دوره)

در این روش فروش(تقاضای) واقعی دوره قبل، به عنوان پیش‌بینی تقاضای دوره آینده در نظر گرفته می‌شود.

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

F_t = پیش‌بینی تقاضای دوره t

A_{t-1} = فروش واقعی دوره t -۱

اطلاعات مربوط به فروش یک محصول در ۴ماه گذشته به شرح زیر است با استفاده از روش نایو تقاضای مربوط به ماه پنجم را پیش‌بینی کنید.

	۱	۲	۳	۴	۵
فروش واقعی (A_t)	۳۵	۴۲	۴۸	۴۵	
پیش‌بینی (F_t)		۳۵	۴۲	۴۸	۴۵

روش میانگین ساده

در این روش میانگین مقادیر مربوط به فروش دوره‌های قبل به عنوان پیش‌بینی تقاضای دوره بعد تلقی می‌شود.

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

با استفاده از اطلاعات فروش ۵ماه گذشته مربوط به جدول زیر تقاضای ماه ۱تا ۶را پیش‌بینی کنید.

ماه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
فروش واقعی (A_t)	۳۵	۴۳	۴۸	۴۵	۵۰	
پیش‌بینی (F_t)	-	۳۵	۳۹	۴۲	۴۲/۷۵	۴۴/۲

حل: برای دوره اول پیش‌بینی صورت نمی‌گیرد چون از میزان فروش واقعی دوره قبل از آن اطلاعاتی وجود ندارد.

پیش‌بینی ماه دوم برابر است با میانگین فروش ماه اول یعنی ۳۵است و پیش‌بینی ماه سوم برابر است با میانگین فروش ماه اول و دوم، $\frac{(۳۵+۴۳)}{۲} = ۳۹$ و پیش‌بینی ماه چهارم برابر است با میانگین فروش ماه اول، دوم و سوم، $\frac{(۴۸+۳۵+۴۳)}{۳} = ۴۲$ و به همین ترتیب برای ماه پنجم و ششم محاسبه می‌گردد. این روش تغییرات فصلی را در نظر نمی‌گیرد.

روش میانگین متحرک

در این روش برای پیش‌بینی تقاضای دوره بعد، از میانگین مقادیر فروش واقعی kدورهٔ قبل استفاده می‌شود. تعیین میزان kیا تعداد دوره های قبل بستگی به ارزش اطلاعاتی دوره‌های گذشته دارد.

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

با استفاده از میانگین متحرک سه ماهه تقاضای ماههای ۱ تا ۶ را برای اطلاعات مربوط به جدول زیر پیش‌بینی کنید.

ماه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
فروش واقعی (A_t)	۳۵	۴۳	۴۸	۴۵	۵۰	
پیش‌بینی (F_t)	-	-	-	۴۲	۴۵/۳۳	۴۷/۶۶

حل: بدلیل فقدان اطلاعات مربوط به فروش برای سه ماهه اول پیش‌بینی تقاضا انجام نمی‌شود و

$F_۴ = \frac{(۳۵+۴۳+۴۸)}{۳} = ۴۲$ پیش‌بینی تقاضا برای دورهٔ چهارم

$F_۵ = \frac{(۴۳+۴۸+۴۵)}{۳} = ۴۵/۳۳$ پیش‌بینی تقاضا برای دورهٔ پنجم

$F_۶ = \frac{(۴۸+۴۵+۵۰)}{۳} = ۴۷/۶۶$ پیش‌بینی تقاضا برای دورهٔ ششم

روش میانگین متحرک وزنی

در این روش برای پیش‌بینی تقاضای دوره بعد، از مقادیر فروش kدورهٔ قبل استفاده می‌شود ولی میزان اثرگذاری هر دوره متفاوت است، در این روش با محاسبه میانگین وزنی چند دوره قبل به پیش‌بینی تقاضای دوره بعد می‌پردازد. تعیین وزن هر یک از دوره‌های قبل بستگی به نوع کالا و میزان فروش آن در سنوات گذشته دارد. در استفاده از وزن‌ها معمولاً تاکید بر تقاضای دوره‌های جدید بیشتر از دوره‌های قدیمی است.

$$F_t = \sum_{t=n-k}^{n} \theta_i A_{t-1} \qquad \theta_i = \text{وزن دوره } i\text{ام}$$

بر اساس اطلاعات جدول زیر تقاضای مربوط به ماه‌های ۱ تا ۶ را برای محصول فوق با استفاده از روش میانگین متحرک وزنی ۳ ماهه با وزن‌های ۰/۶ ماه قبل و ۰/۲ دو ماه قبل و ۰/۲ سه ماه قبل پیش‌بینی نمایید.

ماه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
فروش واقعی (A_t)	۳۵	۴۳	۴۸	۴۵	۵۰	
پیش‌بینی (F_t)	-	-	-	۴۴/۴	۴۵/۲	۴۸/۶

حل: در این روش نیز بدلیل فقدان اطلاعات فروش واقعی ۳ دوره قبل، نمی‌توان برای ۳ دوره اول پیش‌بینی تقاضا را انجام داد. بنابراین پیش‌بینی برای دوره چهارم تا ششم چنین است.

$$F_۴ = [(۰/۶\times۴۸)+(۰/۲\times۴۳)+(۰/۲\times۳۵)] = ۴۴/۴$$
$$F_۵ = [(۰/۶\times۴۵)+(۰/۲\times۴۸)+(۰/۲\times۴۳)] = ۴۵/۲$$
$$F_۶ = [(۰/۶\times۵۰)+(۴۵\times۰/۲)+(۴۸\times۰/۲)] = ۴۸/۶$$

روش نمودار هموار ساده

این روش تحولی در میانگین موزون است به طریقی که تأثیر اطلاعات قدیم را کم کرده و به منظور پیش‌بینی تقاضای دوره بعد، میانگین موزون تقاضای واقعی و پیش‌بینی را در آخرین دوره در نظر می‌گیریم و تقاضای آن دوره را پیش‌بینی می‌کنیم.

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

F_{t+1} = پیش‌بینی تقاضای دوره بعد

F_t = پیش‌بینی تقاضای دوره قبل

A_t = میزان واقعی تقاضای دوره قبل

$$\alpha = \frac{۲}{n+1}, \circ \le \alpha \le ۱$$

$\alpha(A_t - F_t)$: عامل تعدیل روند

هر قدر α یا ضریب نمو هموار به صفر نزدیک شود نمایانگر بی‌ارزش بودن داده‌های اخیر فروش واقعی است و هر قدر α یا ضریب نمو هموار به «۱» نزدیک شود، نشان می‌دهد که داده‌های اخیر فروش واقعی با ارزش می‌باشند. لازم به ذکر است که در این روش برای پیش‌بینی تقاضای دوره دوم از فروش واقعی دوره اول استفاده می‌شود.

تقاضای مربوط به ماه‌های ۱ تا ۶ را با روش نمو هموار ساده پیش‌بینی نمایید. $(\alpha = ۰/۴۰)$

	۱	۲	۳	۴	۵	۶
فروش واقعی (A_t)	۳۵	۴۳	۴۸	۴۵	۵۰	
پیش‌بینی (F_t)	-	۳۵	۳۸/۲	۴۲/۱۲	۴۳/۲۷۲	۴۵/۶۵

حل: برای دوره اول نمی‌توان پیش‌بینی صورت داد. برای دوره دوم پیش‌بینی برابر با فروش واقعی دوره اول است $F_۲ = ۳۵$ خواهیم داشت:

$F_۳ = ۳۵ + ۰/۴(۴۳ - ۳۵) = ۳۸/۲$ $\quad F_۵ = ۴۲/۱۲ + ۰/۴(۴۵ - ۴۲/۱۲) = ۴۳/۲۷۲$

$F_۴ = ۳۸/۲ + ۰/۴(۴۸ - ۳۸/۲) = ۴۲/۱۲$ $\quad F_۶ = ۴۳/۷۲ - ۰/۴(۵۰ + ۴۳/۲۷۲) = ۴۵/۹۶$

روش هموارسازی نمائی تعدیل شده

این روش شامل هموارسازی نمائی است که عامل تعدیل روند به آن اضافه شده است:

$F'_{t+۱}$: پیش‌بینی تقاضای دوره بعد $\quad F'_{t+۱} = F_{t+۱} + T_{t+۱}$

$F_{t+۱}$: پیش‌بینی تقاضا بر اساس روش نمو هموار ساده

$T_{t+۱}$: شاخص روند نمو هموار $\quad T_{t+۱} = \beta(F_{t+۱} - F_t) + (۱-\beta)T_t$

β: ضریب نمو هموار روند می‌تواند بین ۰ و ۱ باشد و بیانگر وزن یا ارزشی است که به اطلاعات اخیر داده می‌شود و به دیدگاه افراد پیش‌بینی کننده نسبت به اطلاعات فروش اخیر بستگی دارد.

نکته:

۱. اگر در فروش واقعی افزایش روند باشد از این روش استفاده می‌شود.
۲. هرچه β به یک نزدیک باشد نشان می‌دهد که تغییرات روند بیشتر است.
۳. اصولاً β, α با هم برابر نیستند.
۴. میزان پیش‌بینی این روش همواره بیشتر از نمو هموار ساده است.

مثال

بر اساس اطلاعات مربوط به جدول زیر با استفاده از روش نمو هموار تعدیل شده تقاضای مربوط به ماه‌های ۱تا ۶را حساب کنید.

$\beta = ۰/۳$ $\quad ,\alpha = ۰/۴$

ماه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
فروش واقعی (A_t)	۳۵	۴۳	۴۸	۴۵	۵۰	

حل: ابتدا باید با استفاده از نمو هموارساده پیش‌بینی را صورت داد

ماه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
فروش واقعی (A_t)	۳۵	۴۳	۴۸	۴۵	۵۰	
نموهموارساده (F_t)		۳۵	۳۸/۲	۴۲/۱۲	۴۳/۲۷۲	۴۵/۹۶
نمو هموار تعدیل شده		۳۵	۳۹/۱۶	۴۳/۹۶۸	۴۴/۹۱۲	۴۷/۹۱

سپس باید T_t محاسبه شود که فرض کنید که $T_۲ = ۰$ است.

$T_۲ = ۰$

$T_۳ = ۰/۳(۳۸/۲ - ۳۵) + ۰/۷(۰) = ۰/۹۶$ $\quad T_۵ = ۰/۳(۴۳/۲۷۲ - ۴۲/۱۲) + ۰/۷(۱/۸۴۸) = ۱/۶۴$

$T_۴ = ۰/۳(۴۲/۱۲ - ۳۸/۲) + ۰/۷(۰/۹۶) = ۱/۸۴۸$ $\quad T_۶ = ۰/۳(۴۵/۹۶ - ۴۳/۲۷۲) + ۰/۷(۱/۶۴) = ۱/۹۵$

حال باید شاخص روند هموار (T_t) را به پیش‌بینی بر اساس نمو هموار ساده اضافه کرد تا مقدار پیش‌بینی بر اساس نمو هموار تعدیل شده بدست آید. به طور مثال برای دوره سوم

$$F'_{۳} = ۳۸/۲ + ۰/۹۶ = ۳۹/۱۶$$

روش حداقل مجذورات

با استفاده از این روش، تابع خطی را پیش‌بینی کرده و از بین داده‌های فروش واقعی دوره‌های گذشته طوری عبور می‌دهیم که مجموع مجذور انحرافات پیش‌بینی نسبت به سایر روش‌ها در حداقل باشد. این روش زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که رابطه معنی‌داری بین تقاضا و زمان وجود داشته باشد و به عبارتی قدر مطلق ضریب همبستگی بین دو متغیر تقاضا و زمان بزرگتر از ۰/۵ باشد و همچنین شرایط حاکم بر سیستم همچنان ادامه داشته باشد و تغییر ناگهانی اقتصادی، سیاسی و اجتماعی و .... روی ندهد.

ضریب همبستگی: $r = \dfrac{n\sum_{i=۱}^{n} x_i y_i - \sum_{i=۱}^{n} x_i \sum_{i=۱}^{n} y_i}{\sqrt{n\sum_{i=۱}^{n} x_i^{۲} - (\sum_{i=۱}^{n} x_i)^{۲}}\sqrt{n\sum_{i=۱}^{n} y_i^{۲} - (\Sigma y_i)^{۲}}}$ یا $r = \dfrac{\Sigma x_i y_i - n\bar{x}\,\bar{y}}{\sqrt{(\Sigma x_i^{۲} - n\bar{x}^{۲})(\Sigma y_i^{۲} - n\bar{y}^{۲})}}$

$$-۱ \le r \le ۱$$

اگر $|r| \ge ۰/۵$ باشد می‌توان معادله پیش‌بینی را چنین تعریف نمود:

$$\hat{y}_i = \alpha + \beta x_i$$

عرض از مبدأ $\alpha = \bar{Y} - \beta\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=۱}^{n} xi}{n} \qquad \bar{Y} = \frac{\sum_{i=}^{n} Y_i}{n}$$

شیب خط $$\hat{\beta} = \frac{n\sum_{i=۱}^{n} x_i Y_i - \sum_{i=۱}^{n} x_i \sum_{i=۱}^{n} y_i}{n\sum_{i=۱}^{n} x_i^{۲} - (\sum_{i=۱}^{n} x_i)^{۲}}$$

بر اساس اطلاعات جدول زیر تقاضای مربوط به ماه ۱۰، ۶، ۳ را پیش‌بینی نمایید.

ماه	۱	۲	۳	۴	۵
فروش واقعی (A_t)	۳۵	۴۳	۴۸	۴۵	۵۰

حل: ابتدا ضریب همبستگی این دو متغیر را حساب می‌کنیم:

x	۱	۲	۳	۴	۵
y	۳۵	۴۳	۴۸	۴۵	۵۰
xy	۳۵	۸۶	۱۴۴	۱۸۰	۲۵۰
$x_i^{۲}$	۱	۴	۹	۱۶	۲۵
$y_i^{۲}$	۱۲۲۵	۱۸۴۹	۲۳۰۴	۲۰۲۵	۲۵۰۰