

I.P.I.S

67-203

1 St . edition
July . 2002



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic Of Iran

وزارت نیرو

Ministry Of Energy

سازمان مدیریت تولید و انتقال نیروی برق ایران (توانیر)

Iran Power Generation & Transmission Management Organization – Head Office (Tavanir)



۶۷-۲۰۳

چاپ اول

تیر ۱۳۸۱

استاندارد صنعت برق ایران

معیارهای طراحی، مهندسی و برنامه ریزی

شبکه توزیع فشار متوسط (۲۰ و ۳۳ کیلوولت)

قسمت سوم – معیارهای تعیین بار

Iran Power Industry Standards – Design Criteria and Planning
of Medium Voltage Distribution Networks

Part Three : Load Forecasting Criteria

“استاندارد معیارهای طراحی، مهندسی و برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع فشار متوسط (۲۰ و ۳۳ کیلوولت)”

قسمت سوم - معیارهای تعیین بار

سمت یا نمایندگی

شرکت مهندسی مشاور نیرو

رئیس

خانسی، جمشید
(لیسانس مهندسی برق)

اعضاء

شرکت مهندسی مشاور نیرو

اعرابیان، یزدان
(لیسانس مهندسی برق)

شرکت مهندسی مشاور نیرو

فرشچیان، امیر
(فوق لیسانس مهندسی برق)

دبیر

شرکت مهندسی مشاور نیرو

حالتی املشی، محمود
(فوق لیسانس مهندسی برق)

این گزارش توسط آقای اسماعیل زارعی ویراستاری گردیده است.

ردیف	عنوان	صفحه
	پیشگفتار	ب ۱
	مقدمه	پ
۱	هدف	۱
۲	دامنه کاربرد	۱
۳	لزوم انجام پیش‌بینی بار در محدوده هر شرکت برق منطقه‌ای	۱
۴	عوامل مؤثر بر رشد بار	۲
۵	روشهای پیش‌بینی بار شبکه‌های توزیع	۳
۶	تعیین حداکثر بار شهر یا ناحیه موردنظر در سالهای آینده	۸
۷	پیش‌بینی بارهای غیر مسکونی	۸
۸	تخمین حداکثر بار ناشی از احداث مصارف صنعتی	۱۱
۹	محاسبه بارهای صنعتی و کشاورزی در سالهای آتی	۱۲
۱۰	نتیجه‌گیری	۱۲
	ضمیمه "الف": برازش منحنی	۱۳
	واژگان	۱۸

پیشگفتار

استاندارد برحسب مورد عبارتست از تعیین تمام یا برخی از خصوصیات و مشخصات هر جوهره (محصول، فرآیند، سازمان یا فرد) و اطمینان از کیفیت آن از قبیل:

کالا (Material): شامل: اجزاء تشکیل دهنده، ترکیب، مواد اولیه، جنس، منشاء، کمیت، شکل، رنگ، وضع ظاهر، وزن، ابعاد، عیار، فهرست مقادیر، نحوه استفاده، شرایط کاری، شرایط محیطی و آب و هوایی، مشخصات فنی، تواناییها، قابلیتها، فهرست اطلاعات داده شده توسط خریدار، فهرست اطلاعات خواسته شده از سازنده، اطلاعات شرایط محیطی و آب و هوایی، بسته‌بندی، حمل و نقل و نگهداری.

مهندسی (Engineering): شامل: معیارها، مبانی، نیازها و خواسته‌ها، اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی و انتخاب نرم‌افزارها، شاخصها و پارامترهای مشخص کننده طراحی، روش قدم به قدم طراحی، یک نمونه طراحی، جداول طراحی، مشخصات فنی و قابلیتها، خواص، ایمنی، بهداشت، اقتصاد، نقشه‌ها، طرح تفصیلی، محاسبات، دستورالعملها، راهنمای کاربردی، معیارهای طراحی، شرایط محیطی و ضرایب اطمینان.

اجرائی (Construction): شامل: ساخت، نشانه و علامت گذاری، بسته‌بندی، حمل و نقل، نصب، فونداسیون، سازه، ساختمان، تأسیسات، راه‌اندازی، راهبری و بهره‌برداری، ابزار و وسائل خاص، فصل مشترکها، نگهداری و تعمیرات، دستورالعمل نصب، ابزار مخصوص، تنظیمات.

بازرسی (Inspection): شامل: کیفیت، آزمایش در طول ساخت، آزمایش و راه‌اندازی، آزمایش دوره‌ای، ارزیابی، فرمهای کنترل کیفی، روش کنترل کیفی و تأییدها.

عمومی (General): شامل: فرمها، نحوه یکنواخت کردن اوراق اداری، اسناد بازرگانی و مالی، اولویتهای، روشها، توصیه‌ها، تفسیرها، ملزومات، مقررات و قوانین، سیاستها، استانداردهای مورد استفاده.

ساختار (Structure): شامل: طرح و ساختار گزارش و خلاصه آن، تهیه و تدوین کنندگان منابع، مراجع و استانداردهای مورد استفاده، عناوین، هدف و دامنه کاربرد، تعاریف، متن اصلی، عبارات، جداول، ... نظرات و پیشنهادات، آمار و اطلاعات، اشکال، جداول منحنی‌ها، نقشه‌ها، فرمولها، نمودارها، نتیجه، واژگان، پیوستها، سبک نگارش.

این استاندارد جهت استفاده در صنعت برق تهیه و به تصویب مقام محترم وزارت نیرو رسیده است. بنابراین رعایت آن برای کلیه شرکتهای تابعه و وابسته وزارت نیرو الزامی می‌باشد.

با توجه به ضرورت ارائه استاندارد در زمینه طراحی و برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع فشارمتوسط (۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت) جهت تأسیس و توسعه آتی اینگونه شبکه‌ها و همچنین داشتن مدل‌های نمونه سیستم‌های توزیع برای آزمون برنامه‌های کامپیوتری که توسط محققین مختلف تهیه می‌گردد. دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و فن‌آوری را بر آن داشت تا نسبت به تهیه استاندارد معیارهای طراحی، مهندسی و برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع فشارمتوسط (۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت) اقدام نماید. این استاندارد دربرگیرنده موارد زیر می‌باشد.

- بررسی‌های آماری و تعاریف

- معیارهای تعیین بار

- شناخت و بررسی شبکه موجود فشارمتوسط (۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت)

- اصول برنامه‌ریزی در شبکه‌های توزیع نیروی برق

- اصول طراحی شبکه توزیع نیروی برق جدید

- ارائه گزینه‌های مختلف یک طرح با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان

- نحوه مقایسه گزینه‌های مختلف یک طرح و انتخاب گزینه بهینه

- ارائه شبکه‌های استاندارد (نمونه) توزیع

جلد حاضر مبحث بار و معیارهای تعیین آن را مورد بررسی قرار می‌دهد.

امید است بکارگیری این استاندارد، در پیشبرد امور جاری و پروژه‌های اجرایی شرکتهای محترم توزیع برق مؤثر واقع گردد.

منابع و مراجعی که برای تهیه این استاندارد به کار گرفته شده، به شرح زیر است:

۱- گزارشات سالانه برقهای منطقه‌ای کشور

۲- بررسی منحنی بار مناطق گرمسیری (استان هرمزگان) - غلامرضا نعمتی، فرود اسلامی - چهارمین

کنفرانس شبکه‌های توزیع نیرو

3 - "Research into load forecasting and distribution Planning ", EPRI Report, EL - 1198, 1979.

4- H.L. Willis, J.E.D. Green, "Comparison tests of fourteen distribution load forecasting methods", IEEE trans., Vol. PAS-103, NO. 6, June 1984.

5 - H.L. Willis, J.E.D. Green. "Spatial Electric Load Forecasting: A Tutorial Review."

Proceedings of IEEE, Feb. 1983.

6 - H.L. Willis, "Urban Model Application to Electric Demand Forecasting.", Proc. Eighth Annual Pittsburgh Conference on Modeling and Simulation, Pittsburgh, April 24, 1977, ISA.

7 - C.S. Chen, P.J. Yin, Y.C. Wu, "Load Forecasting for substations in a Distribution System", Electric Power System Research 16 (1989) 79.86.

برآورد بار مصرفی در سیستمهای الکتریکی و خصوصاً شبکه‌های توزیع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در طراحی سیستمهای توزیع آگاهی از ماکزیمم توان مصرفی در محدوده‌های مورد نظر و همچنین لحاظ نمودن رشد مصرف در طول عمر مفید بهره‌برداری ضروری می‌باشد. از سال ۱۹۸۰ میلادی به بعد، پیش‌بینی بار شبکه‌های توزیع مورد توجه پژوهشگران قرار گرفت و برای افزایش راندمان و قابلیت اطمینان این شبکه‌ها، تجزیه و تحلیل‌های رشد بار در مناطق مختلف ارائه گردیده است. این تجزیه و تحلیل‌ها برای طراحی، تعیین محل و امنیت تجهیزات توزیع الزامی است.

“استاندارد معیارهای طراحی، مهندسی و برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع فشار متوسط (۲۰ و ۳۳ کیلوولت)”

قسمت سوم - معیارهای تعیین بار

۱ - هدف

هدف از تهیه این مجلد، ارائه معیارهایی برای تخمین بار در شبکه‌های توزیع شهری است، بگونه‌ای که طراحی شبکه توزیع با استفاده از آنها، بار شهر مورد نظر را برآورد نموده و مبنای طراحی سیستم قرار دهد.

۲ - دامنه کاربرد

این مجلد در مورد برآورد بار کلیه نواحی جدید و همچنین توسعه نواحی موجود قابل استفاده بوده و قابلیت برآورد بار در طول توسعه نواحی را دارا می‌باشد.

۳ - لزوم انجام پیش‌بینی بار در محدوده هر شرکت برق منطقه‌ای

در کشور پهناور ایران، طیف وسیعی از مناطق آب و هوایی یافت می‌شود که در هر یک از آنها فرهنگ مصرف خاصی شکل گرفته است. بنابراین تعیین الگوی مصرف مناطق مختلف در کشور ما، و برآورد دقیق مصرف بار شبکه‌های توزیع در شهرهای مختلف توسط یک فرمول یا جدول امکان‌پذیر نیست. بررسی اطلاعات شرکت‌های برق منطقه‌ای نشان می‌دهد که علاوه بر فاکتور جمعیت و درجه حرارت ماکزیمم، عوامل دیگری همچون حداکثر درصد رطوبت نسبی، فرهنگ اجتماعی ساکنان منطقه مورد نظر، توسعه اقتصادی و صنعتی آن و جایگاه شهر مورد نظر از دیدگاه روابط با شهرهای همجوار (مرکزیت داشتن و یا ارائه بعضی از سرویس‌های اجتماعی به شهرهای مجاور) نقش قابل ملاحظه‌ای در بار مصرفی مشترکین ایفا می‌نمایند. لذا بررسی جداگانه شرکت‌های برق منطقه‌ای، باعث می‌گردد که فرآیند برآورد بار تنها از طیف محدودی از عوامل موجود تأثیر پذیرد. بنابراین محدوده تغییرات بعضی از پارامترهای فوق کوچک شده و تأثیر ناچیزی در برآورد بار خواهند داشت.

بدین ترتیب، هر یک از شرکت‌های برق منطقه‌ای کشور، مناطق تحت پوشش خود را از لحاظ جمعیت، شرایط آب و هوایی، صنعتی، اجتماعی، اقلیمی تقسیم‌بندی می‌کنند. با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از سیستم‌های توزیع، برآورد حداکثر توان سرانه برای هر ناحیه انجام گرفته و بصورت جداولی ذخیره می‌گردد. این اطلاعات در هر سال، بر پایه اطلاعات سالهای قبل اصلاح می‌گردد. بررسی بار سالهای آینده و پیش‌بینی

آنها مخصوصاً از حیث پیش‌بینی امکانات و بودجه جهت توسعه و توانایی تأمین بار مشترکین دارای اهمیت ویژه‌ای است. جهت بارگیری، در پیک سالانه نمونه‌گیری در چندین نقطه مصرف انجام گرفته و نتایج پیش‌بینی محک زده می‌شود.

۴ - عوامل مؤثر بر رشد بار

شبکه‌های توزیع بدلیل ارتباط مستقیم با مصرف‌کنندگان، از عوامل متعددی تأثیر می‌پذیرند. این عوامل شامل پارامترهای جغرافیایی، سیاسی، اقتصادی و اجتماعی می‌باشند که تأثیر آنها در پیش‌بینی بار مناطق مختلف، متفاوت است. وجود تنوع در پارامترهای مؤثر در رشد بار، باعث پیچیدگی فرآیند پیش‌بینی شده و امکان دستیابی به پیش‌بینی کاملاً دقیق را تضعیف می‌نماید. بنابراین دسترسی به اطلاعات آماری جامع که در مدت زمان طولانی تهیه شده و به شکلی مناسب پردازش و ذخیره شده باشند، خطای پیش‌بینی را تا حد امکان محدود می‌کنند. به این ترتیب بهره‌گیری از برنامه‌های گسترده جهت جمع‌آوری اطلاعات، ضروری است. افزایش تقاضای بار در طی سالیان متمادی ناشی از دو عامل افزایش تعداد مصرف‌کنندگان و افزایش مصرف هر مصرف‌کننده است که ترکیبی از این دو عامل، رشد بار را تعیین می‌کند. به هر ترتیب، مشخصه رشد بار در مناطق مختلف دنیا نشان داده است که منحنی حداکثر مصرف یک ناحیه کوچک بر حسب سال دارای شیب ثابت نیست و در ابتدا و انتهای دوره بهره‌برداری از شیب کمتری نسبت به سالهای میانی برخوردار است.

این الگوی مصرف سالانه در نواحی کوچک به منحنی (S شکل) معروف است. طبیعت اشباع شونده این منحنی ناشی از این حقیقت است که شکوفایی هر ناحیه در یک زمان به حداکثر خود می‌رسد و رشد بار تنها از افزایش مصرف هر مصرف‌کننده تأثیر می‌گیرد. بنابراین منحنی رشد بار (S شکل) به سه مرحله مشخص تقسیم می‌گردد. مرحله اول، نشانگر رشد ابتدایی است که بدلیل تازگی فیدر و مصرف‌کنندگان، دارای شیب کمی است. مرحله دوم، رشد سریع بار در زمان شکوفایی ناحیه را نشان می‌دهد. در مرحله نهایی، مصرف به اشباع رسیده و فیدر در حداکثر ظرفیتش بهره‌برداری می‌شود.

۵ - روشهای پیش‌بینی بار شبکه‌های توزیع

روشهای پیش‌بینی بار به دو دسته تقسیم می‌شوند.

دسته اول روشهای ترندینگ می‌باشند که عموماً از تکنیکهای رگرسیون و برازش منحنی بهره می‌گیرند و همواره فرض می‌شود که بار آینده از رشد بار گذشته پیروی می‌کند. در این روش، اطلاعات بار در سالهای گذشته از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و دقت پیش‌بینی را افزایش می‌دهد.

دسته دوم، روشهای شبیه‌سازی، شامل روشهایی است که پیش‌بینی بار را براساس مطالعات محیطی، اجتماعی و اقتصادی انجام می‌دهند. کاربری ارضی و سیاستهای آینده منطقه مورد بررسی قرار گرفته و میزان مصرف در سالهای آینده تعیین می‌گردد.

در کشور ما بدلیل سهولت دسترسی به اطلاعات بار در سالهای گذشته و عدم برنامه‌ریزی اصولی در بخشهای صنعت و اقتصاد برای سالهای آینده و همچنین فقدان اطلاعات دقیق از فاکتورهای توسعه اقتصادی و اجتماعی منطقه، استفاده از روش ترندینگ اجتناب‌ناپذیر بنظر می‌رسد. ملحوظ کردن عواملی نظیر توسعه اقتصادی و اجتماعی تا حد امکان باعث برآورد دقیق‌تری از بار آینده خواهد شد.

بار مصرفی در یک شهر عموماً شامل بارهای مسکونی، تجاری، صنعتی، کشاورزی و امور عام‌المنفعه می‌باشد و هر یک از بارهای فوق دارای خصوصیات خاص بوده و به عوامل گوناگونی بستگی دارند.

مصارف صنعتی در طول سالیان متوالی دچار تغییر و تحول اساسی می‌شوند. این تغییرات از تغییر نگرش متولیان شهر به آینده و جایگاه منطقه در توسعه اقتصادی و صنعتی ناشی می‌شود. لذا پیش‌بینی مصارف صنعتی شهر یا ناحیه بصورت تابعی از مصارف سالهای گذشته قابل اعتماد نیست. خصوصاً اینکه در سالهای اخیر، جمع‌آوری واحدهای صنعتی از سطح شهرهای بزرگ و تمرکز آنها در مناطق مشخص، بوضوح مشاهده می‌شود.

در مورد بارهای کشاورزی نیز تغییرات اساسی مشاهده می‌شود. تبدیل تدریجی کشت سنتی به کشت مکانیزه و استفاده از انتقال آبهای زیرزمینی، باعث تغییراتی در بار مناطق شده و پیش‌بینی بار در سالهای آینده را دچار اخلال می‌نماید.

خوشبختانه مصارف تجاری به مصارف خانگی (از دیدگاه طبیعت مصرف بار) بسیار نزدیک می‌باشد و همچنین تغییرات مصرف سرانه خانگی در طول سالهای متمادی به کندی صورت می‌گیرد، بنابراین پیش‌بینی بار مسکونی و تجاری، با توجه به رشد جمعیت از دقت مناسبی برخوردار است.

بدین ترتیب، در مبحث پیش‌بینی بار در سالهای آینده، ابتدا حداکثر بار سرانه از روی اطلاعات گذشته و شرایط جمعیتی و آب و هوایی منطقه محاسبه شده و با در نظر گرفتن رشد جمعیت در سالهای آتی، حداکثر

بار مسکونی و تجاری تخمین زده می‌شود. چنانچه شرایط اقتصادی و صنعتی منطقه در سالهای آینده مشخص باشد، بارهای صنعتی و کشاورزی منطقه ارزیابی می‌گردد. در غیر اینصورت می‌توان از روش برونیابی (مشابه بارهای مسکونی و تجاری) بهره گرفت. همچنین شایان ذکر است که می‌توان با توجه به بار فیدرها در سالهای گذشته، میزان رشد بار را محاسبه نمود. مجموعه بارهای فوق، حداکثر بار منطقه یا شهر را تعیین می‌کنند.

۱-۵- استفاده از برونیابی رشد بار در شرکتهای برق منطقه‌ای

برای تعیین سرانه توان یا انرژی خانگی در شهر مورد نظر، ابتدا شهرهایی که توسط برق منطقه‌ای پوشش داده می‌شوند، در گروههای مختلف دسته‌بندی می‌گردند. مطابق با آنچه که در گزارش اول تحت عنوان "بررسیهای آماری و تعاریف" ارائه گردید، شهرها از نقطه نظر جمعیتی به گروههای سه‌گانه زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

- شهر بزرگ

- شهر متوسط

- شهر کوچک

همچنین از نقطه نظر آب و هوایی، شهرها در گروههای زیر قرار می‌گیرند:

- منطقه گرمسیری

- منطقه معتدل

- منطقه سردسیری

بدین ترتیب جدولی بصورت زیر تهیه می‌گردد و هر شهر بر مبنای جمعیت و حداکثر درجه حرارت سالانه، در یکی از گروههای ۹ گانه قرار می‌گیرد. این جدول برای هر سال تهیه می‌گردد.

سردسیر	معتدل	گرمسیر	آب و هوا
			مقیاس شهر
			بزرگ
			متوسط
			کوچک

لازم به ذکر است که بعضی از شرکت‌های برق منطقه‌ای ممکن است شامل گروه‌های محدودی باشند و جدول کامل برای آنها تشکیل نگردد. به عنوان مثال، یک شرکت برق منطقه‌ای ممکن است دارای شهرهایی با مشخصه سردسیر نباشد.

برای پرکردن جدول فوق لازم است که سرانه توان یا انرژی خانگی (مسکونی) در هر یک از گروه‌های ۹ گانه برای سال مورد نظر محاسبه گردد. برای هر یک از گروه‌های فوق، با تقسیم مجموع مصرف شهرهایی که در گروه مورد نظر قرار می‌گیرند، بر مجموع جمعیت آنها، مصرف سرانه تعیین می‌گردد. البته می‌توان به جای مصرف سرانه، مصرف هر شهرک را در نظر گرفت. به عبارت دیگر، حداکثر توان سرانه در هر گروه از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$L_{it} = \frac{\sum_k L_{it}^k}{\sum_k P_{it}^k} \quad (1)$$

که در آن L_{it}^k حداکثر توان سالانه شهر k ام در گروه t ام در سال t ام، P_{it}^k جمعیت شهر k ام در گروه t ام در سال t ام و L_{it} حداکثر توان سرانه در گروه t ام در سال t ام می‌باشد.

بنابراین با استفاده از حداکثر توان مصرفی شهرها در هر سال، جدول فوق برای سال مربوطه بدست می‌آید. اساسی‌ترین مسئله در پیش‌بینی بار شبکه‌های توزیع، استفاده از جداول تهیه شده در سالهای گذشته و چگونگی پردازش آن برای تعیین بار در سالهای آینده است. کاربردی‌ترین شیوه برونیابی، استفاده از رگرسیون می‌باشد.

۱-۱-۵- رگرسیون

حداکثر بار سرانه یک شهر را می‌توان بصورت زیر در نظر گرفت:

$$L_{it} = g_i(t) + \varepsilon \quad (2)$$

که در آن L_{it} حداکثر توان سرانه شهر مورد نظر در گروه t ام در سال t ام، g تابع رگرسیون و ε خطای پیش‌بینی است. بدین ترتیب حداکثر توان سرانه یک شهر تابعی از سال و برخی عوامل غیر قابل پیش‌بینی است که در پارامتر ε مستتر می‌باشند و به عنوان خطای پیش‌بینی در نظر گرفته می‌شوند.

چنانچه تابع $g_i(t)$ مشخص گردد، می‌توان سرانه شهر مورد نظر را برای سالهای آینده تعیین نمود و امیدوار بود که با مقدار واقعی اختلاف ناچیزی (ε) دارد.

اغلب تابع $g_i(t)$ دارای شکل مشخصی است که می‌تواند یکی از توابع زیر انتخاب گردد:

$$g_i(t) = a_{0i} + a_{1i}t + a_{2i}t^2 \quad (3)$$

$$g_i(t) = a_{oi} + a_{li}(\log t) + a_{2i}(\log t)^2 \quad (4)$$

$$g_i(t) = a_{oi} + a_{li}t + a_{2i}t^2 + a_{3i}t^3 \quad (5)$$

$$g_i(t) = a_{oi} + a_{li}(\log t) + a_{2i}(\log t)^2 + a_{3i}(\log t)^3 \quad (6)$$

$$g_i(t) = a_{oi} + \frac{a_{li}}{t} + \frac{a_{2i}}{t^2} + \frac{a_{3i}}{t^3} \quad (7)$$

$$g_i(t) = a_{oi} + \frac{a_{li}}{\log t} + \frac{a_{2i}}{(\log t)^2} + \frac{a_{3i}}{(\log t)^3} \quad (8)$$

$$g_i(t) = a_{oi} + \frac{a_{li}}{t} + \frac{a_{2i}}{t^2} \quad (9)$$

$$g_i(t) = a_{oi} + \frac{a_{li}}{\log t} + \frac{a_{2i}}{(\log t)^2} \quad (10)$$

$$g_i(t) = a_{oi} + a_{li}t^{1.2} + a_{2i}t + a_{3i}t^{1.5} \quad (11)$$

$$g_i(t) = a_{oi} + a_{li}t^{-1} + a_{2i}t^{1/2} + a_{3i}t + a_{4i}t^2 + a_{5i}t^3 \quad (12)$$

معادلات فوق، مناسبترین توابع برای برازش منحنی بر روی سوابق بار می‌باشند (مطابق با استاندارد IEEE). ضرایب a_{oi} تا a_{5i} از روی اطلاعات سالهای قبل بدست می‌آیند. معمولاً برای انتخاب بهترین تابع برای برازش منحنی، ابتدا در طول چندین سال از توابع مختلف بهره گرفته می‌شود و پس از چند سال با مشاهده خطاهای آنها، بهترین تابع مشخص می‌گردد.

۲-۱-۵- بدست آوردن ضرایب تابع رگرسیون

برای تعیین ضرایب، نیاز به اطلاعات سالهای گذشته می‌باشد. با فرض اینکه حداکثر بار سرانه گروه نام از گروههای ۹ گانه در سالهای گذشته (از ۱ تا t) برابر با L_{ii} تا L_{i1} باشد، مجموعه نقاط $(1, L_{i1}), \dots, (t, L_{it})$ نشاندهنده رشد بار در طی سالهای متوالی است. بنابراین لازم است که ضرایب تابع موردنظر به طریقی تعیین گردد که تا حد امکان نقاط فوق را پوشش داده و چگونگی تغییرات بار در آینده را دنبال نماید. اگر برازش دقیق موردنظر باشد، یافتن جواب غیرممکن است زیرا که ε یک متغیر تصادفی است که نقش عوامل غیرقابل پیش‌بینی را مدل می‌کند و دلیلی برای صفر بودن آن وجود ندارد. چنانچه برازش تقریبی مورد قبول باشد، مسئله یافتن ضرایب، دارای جواب منحصر به فرد نیست، مگر آنکه تعداد پارامترها لااقل برابر تعداد نقاطی باشد که عمل برازش در مورد آنها انجام می‌شود. روش کمترین مربعات گاوس، برازش مناسبی است که از نظر تحلیلی و کاربردی بسیار قابل اعتماد است. چون مقادیر واقعی بار در حول تابع برازش $g(t)$ توزیع شده‌اند، انحرافات مانده‌ها بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$d_{ii} = L_{ii} - g_i(t) \quad (13)$$

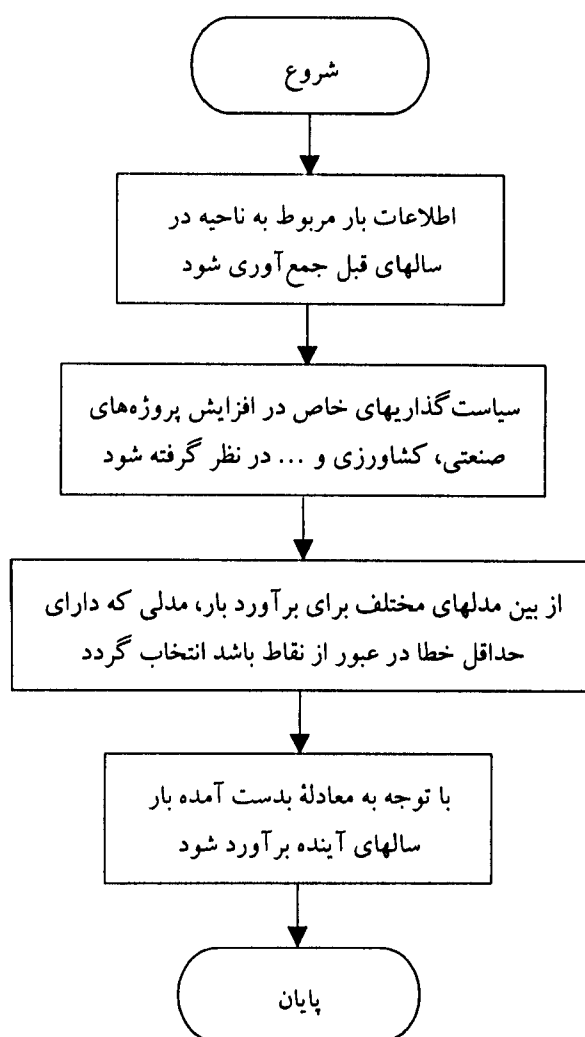
مناسبتین ضرایب از روی مینیم کردن مجموع مربعات انحرافات (Q) بدست می آید.

$$Q = \sum_i d_{ii}^2 \quad (14)$$

فرآیند محاسبه بهترین ضرایب برای توابع رگرسیون بصورت زیر است. ابتدا تابع مجموع مربعات انحرافات تشکیل می شود:

$$Q = \sum_i [L_{ii} - g_i(t)]^2 \quad (15)$$

برای مینیم کردن Q، از رابطه فوق بر حسب ضرایب مشتق گرفته و برابر با صفر قرار داده می شود. بهترین ضرایب از حل معادلات فوق بدست می آید. ضمیمه "الف" روش محاسبه ضرایب را بیان می کند.



۶ - تعیین حداکثر بار شهر یا ناحیه مورد نظر در سالهای آینده

پس از محاسبه ضرایب تابع برازش، می توان حداکثر بار مسکونی را در سالهای آینده پیش بینی نمود. با توجه به اینکه توابع مختلفی برای برازش رشد بار معرفی شده اند و ضرایب به طریقی تعیین می شوند که تا حد امکان تمام نقاط معلوم را پوشش دهند، ولی مقدار تابع در سالهای بعد بستگی به نوع تابع دارد. به عبارت دیگر، انتخاب توابع مختلف باعث می گردد که پیش بینی بار در سالهای بعدی متفاوت شود. لذا توابعی انتخاب می شوند که نهایتاً مصرف سرانه در سالهای بعد، دارای طبیعت اشباع شونده باشد، به طوری که نرخ افزایش حداکثر مصرف سرانه در سالهای دورتر، کاهش یابد.

برای تعیین بار شهر یا ناحیه مورد نظر در سالهای آینده، ابتدا توسط روشهای برازش منحنی و جدول مقادیر واقعی در سالهای گذشته، حداکثر بار سرانه خانگی در سالهای آینده پیش بینی می گردد. سپس با در نظر گرفتن پیش بینی جمعیت شهر یا ناحیه در سالهای آینده، حداکثر بار مسکونی شهر یا ناحیه مورد نظر، از حاصلضرب بار سرانه در جمعیت شهر محاسبه می گردد. نهایتاً با توجه به کاربری اراضی منطقه از لحاظ تجاری، صنعتی و کشاورزی و با توجه به سیاستهای متولیان شهر در صدور مجوزها و موافقتهای احداث کارخانجات و مراکز صنعتی یا کشاورزی در سالهای آتی، پیش بینی بارهای صنعتی، کشاورزی و تجاری انجام می گیرد. مجموعه بارهای فوق، پیش بینی حداکثر بار شهر را نشان می دهد. بخش بعد به جزئیات پیش بینی بارهای غیر مسکونی و تعاریف رایج در پیش بینی بار خواهد پرداخت.

۷ - پیش بینی بارهای غیر مسکونی

عموماً مصرف کنندگان بارهای غیر مسکونی شامل کارخانجات و مراکز صنعتی، کشاورزی و تجاری است که هر یک دارای تجهیزات و دستگاههای الکتریکی با مشخصه های متفاوت می باشند. واضح است که هر مصرف کننده، از ظرفیت کامل تجهیزات الکتریکی خود بطور همزمان بهره نمی گیرد. لذا حداکثر بار یک مصرف کننده، باری است که بر روی تجهیزات تولید تحمیل می گردد. البته بایستی به تعطیلی کارخانجات و یا کاهش بار آنها در اثر اتوماسیون هم توجه نمود.

تعاریف مربوط به ضرایب مصرف، به شرح زیر است:

۷-۱- تقاضا (Demand) :

تقاضای یک مصرف کننده و یا یک سیستم عبارتست از مقدار متوسط باری که در یک محدوده زمانی مشخص از زمان، دریافت می کند.

۷-۲- محدوده زمانی تقاضا (Demand Interval) :

مدت زمانی است که برای تعیین تقاضا، متوسط بار مصرفی را در آن زمان، محاسبه می کنیم این محدوده زمانی ممکن است ۱۵ و یا ۳۰ دقیقه و یا یک ساعت یا بیشتر باشد.

۷-۳- پیک بار (حداکثر تقاضا) :

بار واقعی یا تقاضای توان الکتریکی در یک دوره زمانی ساعت به ساعت تغییر می کند، ولی در یک نقطه به حداکثر مقدار خود می رسد که آن را تقاضای حداکثر می نامند.

۷-۴- ضریب بار :

نسبت متوسط مصرف برای یک مصرف کننده خاص یا یک منطقه در پریرود زمانی مشخص، به مصرف ماکزیمم آن مصرف کننده یا منطقه، ضریب بار نامیده می شود.

$$LF = \frac{P_{av}}{P_{max}} \quad (16)$$

۷-۵- ضریب تقاضا :

نسبت تقاضای حداکثر به کل بار متصل شده را ضریب تقاضا می نامند. ضریب تقاضای مصارف مختلف، با یکدیگر تفاوت دارد. در برآوردهای مربوط به برنامه ریزی احداث سیستمهای توزیع جدید و یا توسعه سیستمهای موجود تقاضای واقعی و ضریب تقاضا بسیار ضروری است.

۷-۶- تقاضای همزمان :

برای محاسبه تقاضای همزمان تعدادی مصرف کننده، ابتدا میزان مصرف آنها را بصورت لحظه ای با هم جمع می کنیم تا منحنی بار مجموعه مصرف کنندگان بدست آید، میزان تقاضا و یا حداکثر تقاضایی که به کمک این منحنی محاسبه می شود همان تقاضای همزمان مصرف کنندگان است.

۷-۷- تقاضای غیرهمزمان :

تقاضای غیرهمزمان یا حداکثر تقاضای غیرهمزمان تعدادی مصرف کننده برابر است با مجموع تقاضا و یا حداکثر تقاضای هر یک از آنها با این توضیح که محدوده زمانی تقاضای تمام مصرف کنندگان در محاسبه تقاضای همزمان یا غیرهمزمان باید یکسان باشد.

۷-۸- ضریب غیرهمزمانی (پراکندگی) :

غیرهمزمانی بار مصرفی، تغییر در زمان استفاده یا حداکثر بار دو یا چند مصرف کننده می باشد. به عبارت دیگر، غیرهمزمانی بار، تفاوت بین مجموع تقاضاهای حداکثر دو یا چند بار مصرفی جداگانه و تقاضای حداکثر ترکیب بارها است. نسبت بین مجموع تقاضاهای حداکثر به تقاضای حداکثر کل بارها را ضریب غیرهمزمانی گویند. که در این رابطه D_i حداکثر تقاضای مصرف کننده نام و D_g حداکثر تقاضای همزمان و T_{cdi} بار مصرف کننده نام و D_{fi} ضریب تقاضای مصرف کننده نام است.

$$F_d = (D_1 + D_2 + \dots + D_n) / D_g = T_{cd1} \times DF_1 + T_{cd2} \times DF_2 + \dots \quad (17)$$

۷-۹- ضریب بهره برداری :

نسبت توان مصرفی حداکثر یک سیستم به توان نامی آن را ضریب بهره برداری گویند.

۷-۱۰- ضریب قدرت :

نسبت توان اکتیو به توان ظاهری را ضریب قدرت می نامند بارها و تلفاتی که به وات بیان شده باشند، از طریق ضریب قدرت قابل تبدیل به آمپر می باشند. ظرفیت ترانسفورماتورها، کابلها و سیمها، مقادیر اسمی کلیدها و فیوزها و غیره، همه بر مبنای مقادیر جریان می باشند و تبدیل توان به جریان از طریق ضریب قدرت ضروری است.

۸ - تخمین حداکثر بار ناشی از احداث مصارف صنعتی

با توجه به کاربری منطقه و موافقت‌های صادر شده برای احداث واحدهای صنعتی، از جدول شماره (۱) محدوده حداکثر بار در واحد سطح و ضریب قدرت احتمالی استخراج می‌شود. در این قسمت باید به دو موضوع توجه نمود:

الف - تخمین حداکثر بار ناشی از تعطیلی کارخانجات و صنعت که براساس وضعیت اقتصادی کشور صورت می‌گیرد.

ب - تخمین کاهش بار کارخانجات بر اثر اتوماسیون و سایر شرایط مدنظر قرار گیرد.

جدول شماره (۱): حداکثر بار در واحد سطح و ضریب قدرت مراکز صنعتی

CosΦ	P_{max} (W/m ²)	مصرف کننده
۰/۶	۵۰-۱۰۰	صنایع نساجی
۰/۶	۵۰-۱۰۰	صنایع ظریف مکانیکی
۰/۶	۷۰-۱۰۰	صنایع ابزارسازی
۰/۴	۱۰۰-۳۰۰	صنایع پرس و برش
۰/۶	۱۷۰-۳۰۰	کارگاه مکانیکی
۰/۵	۲۰۰-۶۰۰	کارگاه جوشکاری
۰/۹	۲۰۰-۶۰۰	کارگاه سخت کننده

با توجه به اینکه در هر شهر یا ناحیه چندین مصرف کننده صنعتی یا غیرصنعتی موجود است که دارای بار حقیقی ماکزیم P_{maxi} می‌باشند و معمولاً کلیه مصرف کننده‌ها بطور همزمان بار ماکزیم را مصرف نمی‌کنند، لذا ضریب غیرهمزمانی مطرح می‌گردد که در رابطه زیر صدق می‌کند.

$$P_{max} = g \sum P_{maxi} \quad (18)$$

g که مقدار آن از یک کوچکتر است، برای n مصرف کننده یکسان از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$g = g_{\infty} + \frac{1 - g_{\infty}}{n} \quad (19)$$

g_{∞} پارامتری است که مقدار آن به صورت تجربی بین ۰/۱ تا ۰/۲ تغییر می‌کند.

چنانچه تنها مجموع توانهای نامی مصرف کننده‌های مختلف مشخص باشند (مصرف کننده‌های غیریکسان)، می‌توان از ضریب g در جدول شماره (۲) استفاده نمود.

جدول شماره (۲): ضرایب نمونه g برای صنایع مختلف

مصرف کننده	ضریب g
صنایع بطور عموم	۰/۳-۰/۴
صنایع نورد	۰/۳-۰/۴
الکترولیز	۰/۹-۱
صنایع شیمیایی	۰/۸
صنایع فلزی	۰/۵

۹ - محاسبه بارهای صنعتی و کشاورزی در سالهای آتی

با توجه به آینده صنعتی و توسعه کشاورزی - صنعتی شهر یا منطقه، مهندس طراح شبکه توزیع، بارهای صنعتی و کشاورزی منطقه را برآورد می‌کند. با استفاده از ضرائب فوق‌الذکر که در هر منطقه از روی سوابق سالهای گذشته قابل محاسبه است، حداکثر بار صنعتی شهر یا منطقه محاسبه می‌گردد.

۱۰ - نتیجه‌گیری

طراح شبکه توزیع، با استفاده از جداول تهیه شده برای حداکثر مصرف سرانه مسکونی و تجاری در شهرها و مناطق مختلف و پیش‌بینی جمعیت در سالهای آینده، قادر است که حداکثر مصرف مسکونی و تجاری شهر یا منطقه مورد نظر را با روش برون‌یابی محاسبه نماید.

جداول فوق‌الذکر در هر برق منطقه‌ای بر حسب تقسیم‌بندیهای جمعیتی و آب و هوایی شهرها، در هر سال تهیه می‌گردد. بدین ترتیب با در نظر گرفتن اطلاعات سالهای گذشته، حداکثر مصرف مسکونی و تجاری ناحیه، منطقه یا شهر پیش‌بینی شده و بخشی از حداکثر بار سالانه را تشکیل می‌دهد.

بارهای صنعتی و کشاورزی منطقه از روی کاربری ارضی و دیدگاههای کلان توسعه اقتصادی شهر برای سالهای آینده پیش‌بینی می‌شود. ضرائب مصرف که با توجه به سوابق بار و جداول موجود تعیین می‌گردند، برای محاسبه حداکثر بار سالانه صنعتی و کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مجموعه بارهای فوق، بعلاوه تلفات منطقه حداکثر بار منطقه یا شهر را جهت طراحی و برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع ارائه می‌نماید.

ضمیمه "الف": برازش منحنی

مهمترین مسئله در برازش منحنی، مطابقت ساختار تابع با نقاط نمونه‌ای است و از یک طرف به انتخاب شکل تابع و از طرف دیگر به تعیین دقیق ضرایب بستگی دارد. توابع معرفی شده، مناسبترین توابع برای برازش منحنی بر روی سوابق بار می‌باشند و برای تعیین مناسبترین ضرایب، از روش کمترین مربعات گاوس استفاده می‌شود. در این روش تابع مجموع مربعات انحرافات تشکیل می‌گردد:

$$Q = \sum_i [L_{ii} - g_i(t)]^2 \quad (A1)$$

که در آن Q مجموع مربعات انحرافات، L_{ii} حداکثر بار سرانه گروه i ام در سال t ام و $g_i(t)$ مقدار تابع برازش کننده برای گروه i ام در سال t ام می‌باشند.

- تابع درجه دوم:

برای تابع درجه دوم (رابطه شماره ۳)، ابتدا متغیر t' بر حسب سال تعریف می‌شود:

$$t' = t - (\text{سال مربوط به قدیمترین داده}) \quad (A2)$$

تجربه نشان می‌دهد که چنانچه مبدأ زمان یا $t' = 0$ به قدیمترین اطلاعات بار اطلاق شود، نتایج برازش منحنی دارای دقت بیشتری خواهد بود. این خاصیت از ماتریس‌ها و معکوس‌گیری آنها ناشی می‌شود.

مقدار Q برای تابع درجه دوم بصورت زیر است:

$$Q = \sum_i [a_{0i} + a_{1i}t' + a_{2i}t'^2 - g_i(t')]^2 \quad (A3)$$

مشتق رابطه فوق بر حسب ضرایب محاسبه شده و برابر با صفر قرار داده می‌شود:

$$\frac{\partial Q}{\partial a_{0i}} = \sum_i 2[a_{0i} + a_{1i}t' + a_{2i}t'^2 - g_i(t')] = 0 \quad (A4)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial a_{1i}} = \sum_i 2t'[a_{0i} + a_{1i}t' + a_{2i}t'^2 - g_i(t')] = 0 \quad (A5)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial a_{2i}} = \sum_i 2t'^2 [a_{oi} + a_{li}t' + a_{2i}t'^2 - g_i(t')] = 0 \quad (A6)$$

بنابراین از معادله ماتریس زیر، ضرایب تابع برازش تعیین می‌گردد:

$$\begin{bmatrix} \sum_i 1 & \sum_i t' & \sum_i t'^2 \\ \sum_i t' & \sum_i t'^2 & \sum_i t'^3 \\ \sum_i t'^2 & \sum_i t'^3 & \sum_i t'^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{oi} \\ a_{li} \\ a_{2i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i g_i(t') \\ \sum_i t'g_i(t') \\ \sum_i t'^2g_i(t') \end{bmatrix} \quad (A7)$$

یا

$$[B][A] = [G] \quad (A8)$$

بدین ترتیب ضرایب تابع برازش از حاصلضرب معکوس ماتریس مربعی در بردار سمت راست بدست می‌آید:

$$[A] = [B]^{-1} [G] \quad (A9)$$

- تابع درجه سوم:

مشابه آنچه که در مورد تابع درجه دوم بیان گردید، برای تابع درجه سوم نیز صادق است. بنابراین ضرایب تابع برازش از معادله ماتریسی زیر بدست می‌آید:

$$\begin{bmatrix} a_{oi} \\ a_{li} \\ a_{2i} \\ a_{3i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i 1 & \sum_i t' & \sum_i t'^2 & \sum_i t'^3 \\ \sum_i t' & \sum_i t'^2 & \sum_i t'^3 & \sum_i t'^4 \\ \sum_i t'^2 & \sum_i t'^3 & \sum_i t'^4 & \sum_i t'^5 \\ \sum_i t'^3 & \sum_i t'^4 & \sum_i t'^5 & \sum_i t'^6 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_i g_i(t') \\ \sum_i t'g_i(t') \\ \sum_i t'^2g_i(t') \\ \sum_i t'^3g_i(t') \end{bmatrix} \quad (A10)$$

- تابع کسری درجه دوم:

چنانچه تابع برازش بصورت کسری درجه دوم مورد استفاده قرار گیرد:

$$g_i(t) = a_{oi} + \frac{a_{li}}{t} + \frac{a_{2i}}{t^2} \quad (A11)$$

ابتدا متغیر t' به فرم زیر تعریف می شود:

$$t' = \frac{1}{(1 + \text{سال مربوط به قدیم ترین داده} - t)} \quad (A12)$$

سپس با استفاده از رابطه ماتریس (A9) مشابه تابع درجه دوم، ضرایب محاسبه می گردند.

- تابع کسری درجه سوم:

برای تابع برازش کسری درجه سوم به فرم زیر:

$$g_i(t) = a_{oi} + \frac{a_{1i}}{t} + \frac{a_{2i}}{t^2} + \frac{a_{3i}}{t^3} \quad (A13)$$

از متغیر t' در رابطه (A12) استفاده شده و از رابطه ماتریسی (A10)، ضرایب محاسبه می گردند.

- تابع لگاریتمی درجه دوم:

چنانچه تابع برازش از نوع لگاریتمی درجه دوم باشد:

$$g_i(t) = a_{oi} + a_{1i}(\log t) + a_{2i}(\log t)^2 \quad (A14)$$

از متغیر t' و رابطه (A9) بهره گرفته می شود:

$$t' = \log [t - \text{سال مربوط به قدیمی ترین داده} - t] \quad (A15)$$

- تابع لگاریتمی درجه سوم:

تابع برازش لگاریتمی درجه سوم بصورت زیر است:

$$g_i(t) = a_{oi} + a_{1i}(\log t) + a_{2i}(\log t)^2 + a_{3i}(\log t)^3 \quad (A16)$$

با استفاده از تغییر متغیر رابطه (A15) و رابطه ماتریس (A10) ضرایب تابع بدست می آیند.

- تابع لگاریتمی کسری درجه دوم:

چنانچه تابع برازش بصورت زیر باشد:

$$g_i(t) = a_{oi} + \frac{a_{li}}{(\log t)} + \frac{a_{2i}}{(\log t)^2} \quad (A17)$$

ابتدا متغیر t' به فرم زیر تعریف می شود:

$$t' = \frac{1}{\log [t - 2]} \quad (A18)$$

[۲ + سال مربوط به قدیم ترین داده - t]

سپس با استفاده از رابطه ماتریسی (A9) ضرایب محاسبه می گردند.

- تابع لگاریتمی کسری درجه سوم:

چنانچه تابع برازش بصورت زیر باشد:

$$g_i(t) = a_{oi} + \frac{a_{li}}{(\log t)} + \frac{a_{2i}}{(\log t)^2} + \frac{a_{3i}}{(\log t)^3} \quad (A19)$$

با تعریف متغیر t' در رابطه (A18) بهره گرفته شده و با رابطه ماتریسی (A10)، ضرایب محاسبه می گردند.

- توابع چند جمله ای با توان کسری:

چنانچه تابع رگرسیون بصورت چند جمله ای با توان کسری تعریف شود:

$$g_i(t) = a_{oi} + a_{li}t^{1.2} + a_{2i}t + a_{3i}t^{1.5} \quad (A20)$$

تعریف متغیر t' در رابطه (A2)، ضرایب از فرمول ماتریسی زیر محاسبه می‌گردد:

$$\begin{bmatrix} a_{oi} \\ a_{li} \\ a_{2i} \\ a_{3i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i 1 & \sum_i t'^{1.2} & \sum_i t' & \sum_i t'^{1.5} \\ \sum_i t'^{1.2} & \sum_i t'^{2.4} & \sum_i t'^{2.2} & \sum_i t'^{2.7} \\ \sum_i t' & \sum_i t'^{2.2} & \sum_i t'^2 & \sum_i t'^{2.5} \\ \sum_i t'^{1.5} & \sum_i t'^{2.7} & \sum_i t'^{2.5} & \sum_i t'^3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i g_i(t') \\ \sum_i t'^{1.2} g_i(t') \\ \sum_i t' g_i(t') \\ \sum_i t'^{1.5} g_i(t') \end{bmatrix} \quad (A21)$$

واژگان

Deviations	انحراف
Curve fitting	برازش منحنی
Extra-polation	برونمایی
Load forecasting	پیش‌بینی بار
Trending	ترندینگ
Maximum Load	حداکثر بار
Load growth	رشد بار
Regression	رگرسیون
Simulation	شبیه‌سازی
Load factor	ضریب بار
Operation factor	ضریب بهره‌برداری
Demand factor	ضریب تقاضا
Diversity factor	ضریب غیر همزمانی
Power factor	ضریب قدرت