شرکت توانیر
معاونت هماهنگی توزیع
دفتر مهندسی و راهبری شبکه

پروژه فلسفه طراحی شبکه‌های توزیع

مرحله دوم: شناسایی، تعیین و کلاسه‌بندی پارامترهای مؤثر در انتخاب تجهیزات و روش طراحی شبکه‌های توزیع برق

کد سند: TAV/

شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران(توانیر)

پروژه فلسفه طراحی شبکه‌های توزیع

دریافت کنندگان سند:

- ✓معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر
- ✓شرکت‌های توزیع نیروی برق ایران

کد سند	تاریخ تهیه	تاریخ بازنگری	شماره آخرین بازنگری
TAV-	۱۴۰۲/۰۱/۲۸	۱۴۰۲/۰۵/۱۰	۰۱

تهیه کننده	تائید کننده	تصویب کننده
کمیته تخصصی طراحی شبکه‌های توزیع	مدیرکل دفتر مهندسی و راهبری شبکه – مسعود صادقی خمامی	معاون هماهنگی توزیع حمیدرضا پیرپیران
امضاء:	امضاء:	امضاء:

اعضای کارگروه تهیه‌کننده دستورالعمل فلسفه طراحی شبکه‌های توزیع به ترتیب حروف الفبا

نام و نام خانوادگی	سمت و سازمان متبوع	تحصیلات	تصویر
رضا انامقی	قائم مقام شرکت توزیع نیروی برق آذربایجان غربی	کارشناسی مهندسی برق قدرت دانشگاه شهید چمران اهواز - کارشناسی ارشد مدیریت پروژه (وزارت نیرو)	
محمدرضا بهمنش‌فر	رییس گروه بهبود پایایی شبکه شرکت توزیع نیروی برق استان اصفهان	کارشناسی ارشد مهندسی برق سیستم‌های قدرت دانشگاه آزاد خمینی‌شهر	
مهدی تدین	شرکت قدس نیرو	دکتری مهندسی برق سیستم‌های قدرت دانشگاه اصفهان	
ابوالقاسم حیدری	رییس اداره مهندسی و کنترل پروژه امور برخوار - شرکت توزیع نیروی برق استان اصفهان	کارشناسی ارشد مهندسی برق دانشگاه صنعتی شیراز	

نام و نام خانوادگی	سمت و سازمان متبوع	تحصیلات	تصویر
مسعود رحمانی	رییس گروه کنترل، طراحی و نظارت، شرکت توزیع نیروی برق تبریز	کارشناسی ارشد مهندسی برق مدیریت انرژی الکتریکی دانشگاه صنعتی امیرکبیر	
امین سعادت	شرکت قدس نیرو	دکتری مهندسی برق سیستم‌های قدرت دانشگاه اصفهان	
محمد ساسانی	معاونت مهندسی شرکت توزیع نیروی برق استان اصفهان	کارشناسی مهندسی برق دانشگاه شهید عباسپور	
حسین شیروانی	رییس گروه طراحی شبکه‌های توزیع برق شرکت توزیع نیروی برق استان اصفهان	کارشناسی ارشد مهندسی برق سیستم‌های قدرت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات	

نام و نام خانوادگی	سمت و سازمان متبوع	تحصیلات	تصویر
مهیار قلی‌زاده	معاون مدیر کل مهندسی شبکه شرکت توانیر	دکتری مهندسی برق سیستم‌های قدرت دانشگاه صنعتی شریف	
محی‌الدین گنجیان	کارشناس دفتر مهندسی و نظارت شرکت توزیع نیروی برق استان مازندران	دکتری مهندسی برق سیستم‌های قدرت دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل	
مهرداد مستقیمی	شرکت قدس نیرو	کارشناسی ارشد مهندسی برق سیستم‌های قدرت دانشگاه صنعتی شریف	
حسین منصوری	کارشناس طراحی شرکت توزیع نیروی برق استان زنجان	کارشناسی ارشد مهندسی برق سیستم‌های قدرت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات	

پیشگفتار

هدف اصلی از تدوین فلسفه طراحی، ارائه قیود الزامی، اصول و چارچوبی برای طراحی شبکه توزیع برق با هدف تأمین برق مطمئن و پایدار برای مشترکین است. با توجه به تنوع شرایط جغرافیایی و آب و هوایی در مناطق مختلف کشور و همچنین تنوع رفتار مشترکین و شرایط فعلی شبکه در نقاط مختلف، تعیین قیود، الزامات، اصول و چارچوب‌های مورد نیاز، بسیار گسترده و متنوع خواهد بود.

در سند پیش رو، نتایج مرحله دوم پروژه فلسفه طراحی با عنوان "شناسایی، تعیین و کلاسه‌بندی پارامترهای موثر در انتخاب تجهیزات و روش طراحی شبکه‌های توزیع برق" ارائه می‌گردد. در این مرحله، ضمن شناسایی و تعیین پارامترهای مؤثر در انتخاب تجهیزات و روش طراحی شبکه‌های توزیع، چگونگی تاثیر هر پارامتر بر موارد مذکور نیز شرح داده شده است. کلاسه‌بندی مناسب برای هر پارامتر شناسایی شده، در این مرحله انجام شده است. همچنین، نحوه‌ی تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی در این سند ارائه شده است.

اجرای موفق این مرحله مقدمه‌ای بر تدوین قیود و الزامات انتخاب تجهیزات و طراحی شبکه‌های توزیع خواهد بود. شناسایی تمامی پارامترهای تاثیرگذار و کلاسه‌بندی آن‌ها با توجه به حوزه‌های عملیاتی شبکه‌های توزیع کشور کمک می‌کند تا هیچ پارامتر تاثیرگذاری در انتخاب تجهیزات و طراحی شبکه مورد غفلت واقع نشود و هزینه‌ها و خسارات ناشی از طراحی‌های غیراصولی کاهش یابد.

فهرست مطالب

عنوان..... صفحه

فصل دوم شناسایی و کلاسه‌بندی پارامترهای مؤثر بر طراحی..... ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- دسته‌بندی کلی پارامترها ۲

۱-۳- روند کلی انجام این مرحله از پروژه ۲

۱-۴- روش کلاسه‌بندی پارامترها ۵

۱-۵- دوره بازگشت ۵

۱-۵-۱- مفهوم دوره بازگشت در پارامترهای مؤثر بر طراحی..... ۶

۱-۵-۲- توابع توزیع احتمال پرکاربرد در پدیده‌های اقلیمی و جغرافیایی..... ۷

۱-۵-۲-۱- تابع توزیع گامبل..... ۸

۱-۵-۲-۲- تابع توزیع پواسن..... ۱۰

۱-۶- روش تولید نقشه‌های پهنه‌بندی در GIS ۱۱

۱-۶-۱- روش وزنی معکوس فاصله..... ۱۳

۱-۶-۲- کریجینگ معمولی..... ۱۴

۱-۶-۳- اعتبارسنجی مدل‌ها..... ۱۵

۱-۷- پهنه‌بندی اقلیمی..... ۱۵

۱-۷-۱- تعیین پارامترهای مؤثر و کلاسه‌بندی آن‌ها در مبحث دمای هوا..... ۱۶

۱-۷-۱-۱- پارامتر حداکثر دمای هوای معمول ۱۷

۱-۷-۱-۲- حداقل دمای هوای محتمل..... ۱۹

۱-۷-۱-۳- حداکثر دمای هوای محتمل..... ۲۰

۱-۷-۲- تعیین پارامترهای مؤثر و کلاسه‌بندی آن‌ها در مبحث باد..... ۲۱

۱-۷-۳- تعیین پارامترهای مؤثر و کلاسه‌بندی آن‌ها در مبحث ضخامت یخ..... ۲۴

۱-۷-۴- کلاسه‌بندی ترکیبی اطلاعات باد و یخ و دما..... ۲۷

۱-۷-۵- کلاسه‌بندی پارامتر فشارهوا..... ۲۹

۱-۷-۶- کلاسه‌بندی پارامتر رعد و برق..... ۳۰

۱-۷-۶-۱- چگونگی وقوع پدیده رعد و برق..... ۳۰

۱-۷-۶-۲- ارزیابی وقوع رعد و برق ۳۱

۱-۷-۶-۳- سطح کرونیک ۳۳

۱-۷-۶-۴- پهنه‌بندی پارامتر رعد و برق ۳۳
۱-۷-۷- کلاسه‌بندی پارامتر سیل ۳۶
۱-۷-۸- کلاسه‌بندی شرجی یا رطوبت بالای هوا ۳۸
۱-۷-۹- کلاسه‌بندی پارامتر ریزگردها و آلودگی‌های هوا ۴۰
۱-۷-۹-۱- انواع آلودگی‌ها ۴۰
۱-۷-۹-۲- پهنه‌بندی بر اساس منابع آلودگی ۴۱
۱-۷-۱۰- کلاسه‌بندی پارامتر خوردگی اتمسفر ۴۳
۱-۷-۱۰-۱- اندازه‌گیری پارامتر خوردگی اتمسفر ۴۳
۱-۷-۱۰-۲- روش مناسب کلاسه بندی ۴۴
۱-۷-۱۱- میزان تابش آفتاب ۴۷
۱-۷-۱۲- میزان اشعه فرابنفش ۴۸
۱-۸- پهنه‌بندی جغرافیایی ۴۹
۱-۸-۱- کلاسه‌بندی پارامتر خطر وقوع زلزله ۴۹
۱-۸-۱-۱- چگونگی تاثیر خطر زلزله بر طراحی شبکه ۵۰
۱-۸-۱-۲- پهنه‌بندی خطر وقوع زلزله ۵۰
۱-۸-۲- کلاسه‌بندی پارامتر رانش زمین ۵۴
۱-۸-۳- کلاسه‌بندی پارامتر مقاومت مکانیکی خاک ۵۵
۱-۸-۳-۱- کلاسه‌بندی مقاومت مکانیکی خاک بر اساس لایه بیرونی سطح زمین ۵۵
۱-۸-۳-۲- کلاسه‌بندی بر اساس آزمایش میزان نفوذ استاندارد ۵۷
۱-۸-۳-۳- کلاسه‌بندی مقاومت مکانیکی خاک از دیدگاه استاندارد ۲۸۰۰ ..... ۵۸
۱-۸-۳-۴- روش‌های تخمین و ارزیابی مقاومت مکانیکی خاک ۵۹
۱-۸-۴- کلاسه‌بندی پارامتر خورندگی خاک ۶۱
۱-۸-۴-۱- خوردگی فلزات مدفون در خاک ۶۳
۱-۸-۵- کلاسه‌بندی پارامتر مقاومت الکتریکی خاک ۶۶
۱-۸-۶- کلاسه‌بندی پارامتر مقاومت حرارتی خاک ۶۷
۱-۹- پهنه‌بندی از دیدگاه زیست محیطی ۶۹
۱-۹-۱- کلاسه‌بندی از دیدگاه عبور شبکه از میان درختان ۶۹
۱-۹-۲- کلاسه‌بندی از دیدگاه زیست‌گاه‌های جانوری ۷۱
۱-۹-۲-۱- استفاده از حصارهای مناسب ۷۶
۱-۹-۲-۲- بازدارنده‌ها و ترساننده‌ها ۷۶
۱-۹-۲-۳- ایزولاتورها ۷۷

۱-۹-۳- کلاسه‌بندی از دیدگاه پدیده پرنده‌زدگی ۷۸
۱-۹-۳-۱- کلاسه بندی از دیدگاه طول بال پرندگان ۸۰
۱-۹-۳-۲- کلاسه‌بندی پارامتر پرنده‌زدگی بر اساس جثه پرنده‌ها ۸۷
۱-۹-۳-۳- کلاسه‌بندی پارامتر پرنده‌زدگی از دیدگاه سابقه رخداد [۳۰] ۸۸
۱-۱۰- پهنه‌بندی از دیدگاه مسائل اجتماعی، اقتصادی، امنیتی و شهرسازی ۸۹
۱-۱۰-۱- کلاسه‌بندی پارامتر پدافند غیرعامل ۸۹
۱-۱۰-۲- حفظ ایمنی مردم و کاربران شبکه ۹۱
۱-۱۰-۳- کلاسه بندی از دیدگاه پارامتر سرقت شبکه و تجهیزات ۹۱
۱-۱۰-۴- کلاسه‌بندی پارامتر مسائل اقتصادی ۹۲
۱-۱۰-۴-۱- میزان سرمایه‌گذاری ۹۳
۱-۱۰-۴-۲- استهلاک و دوره زمانی هدف طرح ۹۳
۱-۱۰-۴-۳- دوره بازگشت سرمایه و توجیه اقتصادی طرح ۹۴
۱-۱۰-۴-۴- کلاسه‌بندی از دیدگاه پارمتر هزینه خسارت خاموشی ۹۴
۱-۱۰-۵- کلاسه‌بندی از دیدگاه شهرسازی و مبلمان شهری ۹۵
۱-۱۱- پهنه‌بندی از دیدگاه پارامترهای الکتریکی ۹۶
۱-۱۱-۱- کلاسه‌بندی پارامتر حضور نیروگاه‌های تولید پراکنده ۹۶
۱-۱۱-۲- کلاسه بندی از دیدگاه پارامتر سهولت اجرا و در دسترس بودن شبکه ۹۷
۱-۱۱-۳- کلاسه‌بندی پارامترهای الکتریکی مشترکین ۹۸
۱-۱۲- جمع بندی ۱۰۰

مراجع ۱۱۰

فهرست شکل‌ها

عنوان..... صفحه

شکل (۱- ۱) نمای کلی از تابع توزیع احتمال گامبل..... ۹
شکل (۱- ۲) تابع توزیع احتمال پواسن..... ۱۱
شکل (۱- ۳) پراکندگی ایستگاه‌های هواشناسی ایران..... ۱۶
شکل (۱- ۴) سایت بندی ایران و تعیین ماکزیمم دمای سالانه هر سایت [۱۱]..... ۱۸
شکل (۱- ۵) نتیجه اعمال کریجینگ ساده بر اطلاعات [۱۱]..... ۱۹
شکل (۱- ۶) نقشه پهنه‌بندی کمینه دمای محتمل [۱۱]..... ۲۰
شکل (۱- ۷) پهنه‌بندی حداکثر دمای هوای محتمل بر اساس توزیع گامبل ۵۰ ساله [۱۱]..... ۲۱
شکل (۱- ۸) پهنه‌بندی سرعت باد مرجع با توزیع گامبل ۵۰ ساله [۱۲]..... ۲۳
شکل (۱- ۹) تصویری از تاثیر یخ بر شبکه توزیع..... ۲۴
شکل (۱- ۱۰) ضخامت یخ معادل شعاعی با دوره بازگشت ۵۰ ساله [۱۲]..... ۲۶
شکل (۱- ۱۱) تصویری از تاثیر باد و یخ ترکیبی بر شبکه توزیع..... ۲۷
شکل (۱- ۱۲) نقشه پهنه‌بندی فشارهوای سطحی بر حسب پاسکال [۱۲]..... ۲۹
شکل (۱- ۱۳) منحنی رابطه فشار هوا و ارتفاع از شطح دریا..... ۳۰
شکل (۱- ۱۴) نمونه نقشه پهنه‌بندی تعداد وقوع رعد و برق بر اساس LIS [۱۴]..... ۳۲
شکل (۱- ۱۵) مخاطراتی که بیش از سایرین بر مردم ایران اثرگذار بوده اند از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸ [۱۲]..... ۳۶
شکل (۱- ۱۶) مسیر سیلاب‌ها در نقاط مختلف کشور..... ۳۷
شکل (۱- ۱۷) پهنه‌بندی بر اساس تعداد روز بارانی در سال با دوره بازگشت ۵۰ ساله [۱۲]..... ۳۷
شکل (۱- ۱۸) تعداد روزهای شرجی از کلاس‌های مختلف در شهرهای ساحلی ایران [۱۵]..... ۳۹
شکل (۱- ۱۹) مجموع ساعات آفتابی سالانه [۱۲]..... ۴۷
شکل (۱- ۲۰) نمونه پهنه‌بندی بر اساس شاخص پرتو فرابنفش..... ۴۹
شکل (۱- ۲۱) سوابق وقوع زلزله ثبت شده در ایران از سال ۱۹۰۹ تا ۲۰۱۸..... ۵۱
شکل (۱- ۲۲) نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زلزله در آئین نامه ۲۸۰۰ طراحی ساختمان در برابر زلزله..... ۵۱
شکل (۱- ۲۳) نقشه پهنه‌بندی شتاب طیفی بر حسب g در دوره تناوب ۰/۲ ثانیه [۱۸]..... ۵۲
شکل (۱- ۲۴) نقشه گسل‌های ایران..... ۵۳
شکل (۱- ۲۵) فلوچارت تحلیل و پهنه‌بندی خطر وقوع زلزله [۱۹]..... ۵۴
شکل (۱- ۲۶) پهنه‌بندی از نظر جنس خاک..... ۵۹

شکل (۱- ۲۷) تصویری از خوردگی آهن..... ۶۴
شکل (۱- ۲۸) تصویر حریم شبکه برق و درختان- درخت تصویر سمت چپ به تازگی هرس شده..... ۶۹
شکل (۱- ۲۹) حریم پایه و شبکه با لحاظ نمودن سرعت رشد گیاه..... ۷۰
شکل (۱- ۳۰) نحوه هرس درختان برای حفاظت شبکه توزیع ۷۱
شکل (۱- ۳۱) تصویر چپ: صدمه به هادی رشته‌ای؛ تصویر راست: پرنده‌زدگی [۳۱]..... ۷۳
شکل (۱- ۳۲) نمونه‌هایی از پرنده‌زدگی و ساخت آشیانه بر روی شبکه..... ۷۳
شکل (۱- ۳۳) تصویری از راهکار به کار گرفته شده برای لانه‌گذاری پرندگان ۷۳
شکل (۱- ۳۴) تصویری از بالارفتن یک سنجاب از شبکه برق..... ۷۴
شکل (۱- ۳۵) تصویری از برق گرفتگی یک سنجاب [۳۱]..... ۷۴
شکل (۱- ۳۶) تصویری از هر دو نوع پرنده‌زدگی در خطوط توزیع برق..... ۷۵
شکل (۱- ۳۷) نمونه‌ای از دستگاه‌های فراصوت حفاظت از حیوانات [۳۱]..... ۷۶
شکل (۱- ۳۸) پنج نوع بازدارنده از ۳ شرکت مختلف [۳۳]..... ۷۷
شکل (۱- ۳۹) تصویری از یک نمونه پرنده‌زدگی خطای زمین..... ۷۸
شکل (۱- ۴۰) کلاس‌بندی پرندگان بر اساس طول بال باز ۸۰
شکل (۱- ۴۱) کلاسه‌بندگی پرندگان بر اساس طول بال باز و جثه پرنده..... ۸۱
شکل (۱- ۴۲) نمونه‌هایی از راهکارهای مقابله با وقوع خطای زمین توسط پرنده‌های با جثه متوسط [۳۵]..... ۸۸

فهرست جدول‌ها

عنوان..... صفحه

جدول (۱- ۱) کلاسه‌بندی مخاطرات در NESC..... ۳
جدول (۱- ۲) مقادیر ضرایب ثابت C_1 و C_2 در توزیع گامبل [۱]..... ۸
جدول (۱- ۳) پارمترها و کلاسه بندی مربوط به دمای هوا..... ۲۱
جدول (۱- ۴) پارامترها و کلاسه‌بندی مربوط به حداکثر سرعت وزش باد محتمل..... ۲۳
جدول (۱- ۵) مشخصات یخ متداول..... ۲۵
جدول (۱- ۶) کلاسه بندی شاخص یخ منطقه..... ۲۶
جدول (۱- ۷) کلاسه بندی پارامترهای باد، دما و ضخامت یخ به صورت ترکیبی..... ۲۷
جدول (۱- ۸) کلاسه‌بندی پارامتر فشار سطحی هوا بر حسب کیلو پاسکال..... ۳۰
جدول (۱- ۹) تعداد روزهای رعد و برقی در سال در برخی از شهرهای ایران..... ۳۴
جدول (۱- ۱۰) کلاسه‌بندی پارامتر رعد و برق..... ۳۵
جدول (۱- ۱۱) نتیجه کلاسه‌بندی حریم مسیل‌ها برای پارامتر سیل..... ۳۸
جدول (۱- ۱۲) کلاسه‌بندی رطوبت هوا بر اساس شاخص شدت شرجی [۱۵]..... ۳۹
جدول (۱- ۱۳) پهنه‌بندی بر اساس پارامتر آلودگی هوا از دیدگاه مجاورت با منابع آلودگی..... ۴۱
جدول (۱- ۱۴) خلاصه تعریف شاخص‌های مهم در تعیین نوع و شدت آلودگی سایت..... ۴۲
جدول (۱- ۱۵) کلاسه‌بندی شاخص شدت آلودگی سایت بر حسب شاخص SPS..... ۴۲
جدول (۱- ۱۶) رده خورندگی اتمسفر..... ۴۴
جدول (۱- ۱۷) نرخ‌های خورندگی برای در معرض قرارگیری سال اول در رده‌های خورندگی مختلف..... ۴۴
جدول (۱- ۱۸) طبقه‌بندی اتمسفرهای شهرهای کشور از لحاظ خوردگی برای فلزات مختلف..... ۴۵
جدول (۱- ۱۹) کلاسه‌بندی پیشنهادی برای پارامتر میزان تابش آفتاب..... ۴۷
جدول (۱- ۲۰) کلاسه‌بندی پیشنهادی میزان اشعه فرابنفش..... ۴۸
جدول (۱- ۲۱) کلاسه‌بندی پیشنهادی خطر وقوع زلزله..... ۵۲
جدول (۱- ۲۲) مقاومت فشاری مجاز تعدادی از سنگ‌ها..... ۵۶
جدول (۱- ۲۳) مقاومت فشاری مجاز تعدادی از خاک‌های چسبنده..... ۵۶
جدول (۱- ۲۴) مقاومت فشاری مجاز تعدادی از خاک‌های غیرچسبنده (خشک و اشباع)..... ۵۶
جدول (۱- ۲۵) مشخصه انواع خاک‌ها..... ۵۷
جدول (۱- ۲۶) همبستگی پارامترهای خاک و عدد SPT..... ۵۸

جدول (۱- ۲۷) کلاسه‌بندی پیشنهادی مقاومت مکانیکی خاک ۶۰
جدول (۱- ۲۸) کلاسه‌بندی پیشنهادی زمین [۴۲] ۶۱
جدول (۱- ۲۹) کلاسه‌بندی پیشنهادی خورندگی خاک بر اساس مقاومت ویژه الکتریکی [۲۵, ۲۶] ۶۳
جدول (۱- ۳۰) کلاسه‌بندی خورندگی خاک با پارامتر های مقاومت و PH [۲۸] ۶۵
جدول (۱- ۳۱) جدول خوردگی خاک با پارامتر الکتریکی خاک مقاومت [۲۶, ۲۸] ۶۶
جدول (۱- ۳۲) مقاومت الکتریکی ویژه برخی از انواع خاک ۶۷
جدول (۱- ۳۳) کلاسه‌بندی پیشنهادی بر اساس نتایج اندازه‌گیری [۲۷] ۶۷
جدول (۱- ۳۴) مرزبندی هدایت گرمایی خاک ۶۸
جدول (۱- ۳۵) ضریب اصلاح مقاومت حرارتی خاک بر اساس رطوبت خاک ۶۸
جدول (۱- ۳۶) کلاسه‌بندی پارامتر امکان برخورد شاخ و برگ درختان [۵۶] ۷۰
جدول (۱- ۳۷) کلاسه‌بندی از دیدگاه زیست‌گاه جانوران ۷۸
جدول (۱- ۳۸) آرایش‌های متداول شبکه فشارمتوسط و فاصله هادی‌ها ۸۱
جدول (۱- ۳۹) کلاسه‌بندی پارامتر پرنده‌زدگی بر اساس جثه پرنده ۸۸
جدول (۱- ۴۰) کلاسه‌بندی خطاهای گذرا و پرنده‌زدگی در آمار خاموشی (تجربی) ۸۹
جدول (۱- ۴۱) کلاسه‌بندی پارامتر پدافند غیرعامل و امنیت شهری [۲] ۹۰
جدول (۱- ۴۲) کلاسه‌بندی بارهای سیاسی، نظامی، امنیتی و خاص با ترکیب اهمیت و میزان بار ۹۱
جدول (۱- ۴۳) کلاسه بندی پارامتر احتمال بروز سرقت تجهیزات و شبکه ۹۲
جدول (۱- ۴۴) نتیجه مطالعات تعیین هزینه خاموشی [۳۷] ۹۵
جدول (۱- ۴۵) کلاسه‌بندی بارها از دید اقتصادی ۹۵
جدول (۱- ۴۶) کلاسه‌بندی از دیدگاه اهداف در مبلمان شهری (تجربی) ۹۶
جدول (۱- ۴۷) کلاسه‌بندی پیشنهادی از منظر اتصال نیروگاه‌های تولید پراکنده به شبکه فشارمتوسط ۹۷
جدول (۱- ۴۸) کلاسه‌بندی پیشنهادیاز منظر اتصال نیروگاه‌های تولید پراکنده به شبکه فشارضعیف ۹۷
جدول (۱- ۴۹) کلاسه‌بندی پارامتر دسترسی شبکه ۹۸
جدول (۱- ۵۰) کلاسه‌بندی برخی از مهمترین شاخص‌های الکتریکی مشترکین (تجربی) ۹۹
جدول (۱- ۵۱) کلاسه‌بندی پیشنهادی تراکم مشترکین (تجربی) ۱۰۰
جدول (۱- ۵۲) جمع بندی کلاسه‌بندی ها ۱۰۱

فصل دوم شناسایی و کلاسه‌بندی پارامترهای مؤثر بر طراحی

۱-۱- مقدمه

گستردگی کشور ایران و وجود تنوع فراوان از نظر اقلیمی و جغرافیایی و همچنین از دیدگاه الکتریکی، موجب شده است که مطالعات مرحله دوم به عنوان یکی از بخش‌های مهم این پروژه مد نظر کارفرمای محترم و شرکت توانیر باشد.

هدف این مرحله شناسایی و تعیین پارامترهای مؤثر در انتخاب تجهیزات و انجام محاسبات الکتریکی و مکانیکی و تهیه طرح مناسب است. لذا لازم است پارامترهای مزبور شناسایی شده و با بررسی تاثیرگذاری آن‌ها، نسبت به کلاسه‌بندی مناسب آن‌ها اقدام شود به گونه‌ای که با تعیین مقدار شاخص مربوط به هر پارامتر در هر منطقه، بتوان بر مبنای کلاسه‌بندی انجام شده، چگونگی تاثیر آن پارامتر را یافته و برای انتخاب تجهیزات و یا طراحی شبکه تصمیم‌گیری نمود.

لازم به ذکر است که اطلاعات ارائه شده در این گزارش در تعارض با دستورالعمل‌های موجود خصوصاً در زمینه تدوین اطلس آسیب‌پذیری و رویه اجرایی مقاوم‌سازی نیست. بلکه می‌توان از اطلاعات جمع‌آوری شده در پروژه‌های مرتبط، برای کلاسه‌بندی پیشنهادی در این پروژه استفاده نمود و آن‌ها را منطبق بر فلسفه طراحی پیشنهادی به کار گرفت.

۱-۲- دسته‌بندی کلی پارامترها

بر اساس شرح خدمات، پارامترهای مورد نظر در ۴ دسته مختلف شامل موارد زیر قرار گرفته‌اند:

- آب و هوایی (رعد و برق، باد، بارش، قطر یخ، دما، فشارهوا، خوردگی و سایر مسائل مرتبط)
- جغرافیایی (زمین‌شناسی، زلزله، رانش زمین، خوردگی، مقاومت الکتریکی، مقاومت مکانیکی و سایر مسائل مرتبط)
- محیط زیست (پوشش گیاهی، زیستگاه‌های جانوری و سایر مسائل مرتبط)
- وضعیت بار (ضریب همزمانی، مصرف سرانه، نوع بار و سایر مسائل مرتبط)

مطالعات انجام شده توسط کارشناسان این شرکت نشان می‌دهد که لازم است پارامترهای مورد نظر با گستردگی بیشتری در نظر گرفته شوند. پس از ارائه ویرایش اول گزارش در فروردین‌ماه سال ۱۴۰۰، بر اساس نقطه نظرات دریافتی، مجموعه‌ای دیگر از پارامترهای مؤثر به مطالعات این مرحله افزوده شد. لازم است توجه شود که در این مرحله به انتخاب تجهیزات و طراحی شبکه ورود نمی‌شود و تنها، هدف شناسایی پارامترها، بیان چگونگی محاسبه شاخص‌های مهم و کلاسه‌بندی آن‌ها است و موضوعات مرتبط یا زمینه‌های اثرگذاری هر پارامتر نیز بیان می‌گردد.

۱-۳- روند کلی انجام این مرحله از پروژه

این مرحله از پروژه فلسفه طراحی در واقع محدود به زمان ۲ ماهه در نظر گرفته شده نیست و تا پایان پروژه به نوعی ادامه‌دار خواهد بود. زیرا تعیین پارامترهای مؤثر با ورود به جزئیات در نظر گرفته شده برای مراحل بعدی ممکن است توسعه یابد. از طرف دیگر مرزهای مشخص شده برای کلاسه‌بندی پیشنهادی نیز ممکن است در ادامه مطالعات تصحیح شود و میزان اثرگذاری هر پارامتر و موضوعات مرتبط با آن نیز در ادامه تکمیل‌تر خواهد شد. برخی از پارامترهای کلاسه‌بندی شده نیز ممکن است تأثیر چندانی در طراحی شبکه و انتخاب تجهیزات نداشته باشند که در مراحل بعدی و یا در سند نهایی فلسفه طراحی قابل حذف خواهند بود.

در سندهای مشابه و مرتبط نظیر NESC به شیوه‌ای که در شرح خدمات فلسفه طراحی به موضوع پهنه‌بندی پارامترهای مؤثر پرداخته شده، عمل نشده است. کاربردی‌ترین پهنه‌بندی ارائه شده مربوط به پهنه‌بندی امریکا به سه محدوده سبک، معمولی و سنگین از دیدگاه اقلیمی با ترکیب دما، قطر یخ و باد است که به طور مشابه در سند فلسفه طراحی نیز به انجام خواهد رسید. پارامترهای دیگر مؤثر در طراحی در حوزه هدف NESC به فراخور نیاز مطرح شده و کلاسه‌بندی مربوطه استفاده شده و یا نکات و قواعد مربوطه بیان شده است اما پهنه‌بندی در این

پارامترها ارائه نشده است. خلاصه‌ای از این اطلاعات در جدول (۱- ۱) ارائه شده است. در همان موضوع اقلیمی نیز اشاره شده که در هر منطقه در صورت وجود اطلاعات محلی از همان اطلاعات استفاده شود.

جدول (۱- ۱) کلاسه‌بندی مخاطرات در NESC

Hazard	Rule	section	Example and Definition
Earthquakes	250A4	Section 25 - 26	(1) Rule 250A4 was added in the 2002 Edition to recognized that the strength required by Section 25 and Section 26 are sufficient for earthquakes. Generally these structures are flexible enough to withstand earth tremors. Of course, if the earth opens up under a structure, the structure will tend to fail.(2) The 1997 Edition added EXCEPTION 2 to Rule 442B to allow suspension of the normal control and coordination by the designated person when catastrophic service interruptions occur due to earthquake, hurricane, etc. Strict observance of specified additional requirements, including observance of Rules 442A, 442D, 443, and 444, is required by this EXCEPTION to the reporting and coordination requirements.
Open-up Earth	NO	the structure will tend to fail	
Bird	NO	consider cable requirement only	Because it is theoretically possible for an outer covering of an insulated conductor to be skinned away by abrasive contact of some object and take some time thereafter for enough bird residue or other contaminant to bridge across to the grounded neutral and take the circuit out of service, clearances for cables meeting Rule 230C3 must sometimes be greater than those for 230C1 cables, but still less than clearances required for bare, energized conductors.
Wind and ice	230B	Section 23- table232-1	Totally considered for clearance part and poles structure and cable
Hurricane	250-232A	Section 25	it is combined with wind and ice rules
Rain	250D	combined with ice	The loadings of Rule 250D are based upon freezing rain and concurrent wind.
Vegetation Cover	218A,B	section 21	218. Vegetation Management
			Many others have service territories with some locations that have (1) vegetation habits or growth rates that dramatically differ from the normal vegetation or(2) limits on pruning distances.
Animal Cover	Table 232-1		Table 232-1, Category 5. Clearances over spaces and ways subject to pedestrians or restricted traffic only
	footnote 5 , 9		The intention of Footnote 9 should be obvious; if the expected height of vehicles or other mobile units (i.e., non pedestrians and non vehicle, but mobile)—or riders on horses or other large animals—exceeds 2.45 m (8 ft), the area is considered as Category 4—other lands. If the height of the expected activity under the line is restricted to 2.45 m (8 ft), the area is considered as a space or way accessible to pedestrians or restricted traffic only.
Soil Moisture	261A	section 26	This also recognizes that ground line decay usually occurs faster than decay further up the pole, due to increased moisture.
	232B	Section 23	Line hose are not expected to be left up for long periods, due to ozone tracking that will occur with moisture.
	110B	Section 11	When equipment that is not specifically designed for use in damp locations is exposed to moisture, the resulting insulation failure or mechanical failure may endanger personnel.
Soil Type-Corrosion	216A-261B		The discussion also applies in general to guy anchors, which were added to the rule in the 1993 Edition. Of particular importance are matching anchor type, size, and depth to the soil characteristics at the site.

Hazard	Rule	section	Example and Definition
	090A	Section 9	The 2012 Edition added a NOTE to alert users that saturated soil can adversely affect the strength of foundations, pole settings, and guy anchors to augment the previous NOTE alerting that excessive movement of foundations, settings, or anchors can affect clearances or structure capacity
	092D	Section 9	Depending upon the type of electrodes used and the soil resistance, the number of ground connections required to meet multiple grounding requirements of Section 9 may be sufficient or in sufficient to meet the effectively grounded definition
	093A	Section 9	The corrodibility of iron and steel makes them generally unsuitable for grounding conductors, especially where installed in damp or moist locations where corrosion is likely to occur, but they are occasionally used, especially with galvanized steel fences and in areas where soil characteristics reduce the life of underground copper faster than galvanized steel
Temperature	250B	Section 25	The new Rule 230B referred to Clearance zones 1, 2, and 3 instead of the Heavy, Medium, and Light Loading Districts of Rule 250B, respectively. The 2012 Edition added Clearance Zone 4 for warm islands within 25º north or south of the equator to specify temperatures more appropriate than those specified in Clearance Zone 3 that were derived from the traditional Light Loading District requirements of Rule 250B. A cold temperature of +10 ºC (50 ºF) is used for these warm islands for most applications. A cold temperature of –10 ºC (15 ºF) and ice are only used where the elevation is above 2743 m (9000 ft).
	232 A,B	section 23	232. Vertical Clearance of Wires, Conductors, Cables, and Equipment Above Ground, Roadway, Rail, or Water Surfaces

با توجه به تاثیر مخاطرات اقلیمی و جغرافیایی بر تأمین برق مطمئن و پایدار، مرحله دوم از پروژه تهیه و تدوین فلسفه طراحی به موضوع شناخت پارامترهای مؤثر و کلاسه‌بندی آن‌ها و تعیین روش پهنه‌بندی این پارامترها اختصاص یافته است.

مطالعات پیشین انجام شده در کشورمان در زمینه تأثیر پارامترهای اقلیمی و جغرافیایی بر طراحی شبکه توزیع بسیار محدود است. اما از دیدگاه کلی و بدون ورود به موضوع اثر این پارامترها بر شبکه توزیع، مطالعات متنوعی به انجام رسیده و ارگان‌های مربوطه، نقشه‌ها و اطلاعات مناسبی را جمع‌آوری و مطالعات مختلفی را به انجام رسانده‌اند. از آنجا که پارامترهای مزبور در طراحی سایر تأسیسات شهری و کشوری نیز اثرگذار هستند، پیشنهاد می‌شود این پارامترها با جمع‌آوری اطلاعات کامل و با شیوه مناسب و با یک دیدگاه کلی و نه تنها از دیدگاه شبکه توزیع برق مطالعه شوند و مجموعه‌ای مدون و مستند از آن‌ها برای هر استان و شهرستان آماده‌سازی گردد که دستگاه‌های اجرایی مختلف مانند برق، آب، گاز، مخابرات و شهرداری‌ها از آن استفاده نمایند.

شناسایی پارامترهای مؤثر و خصوصاً کلاسه‌بندی آن‌ها از دیدگاه طراحی شبکه توزیع برق، بهتر است از سمت دوم یا به عبارتی تعیین پارامترهای مهم و اثرگذار در مطالعات و طراحی شبکه دنبال شود. به این ترتیب کلاسه‌بندی بر

مبنای طراحی شبکه توزیع برق دنبال می‌شود و پارامترهای اقلیمی، جغرافیایی و اجتماعی که اثر گذاری کمتری بر طراحی شبکه برق دارند، از موضوع مطالعات خارج می‌شوند. مرزهای پیشنهادی در کلاسه‌بندی نیز بر اساس استانداردها در انتخاب تجهیزات و یا طرح شبکه توزیع تعیین می‌شوند.

۱-٤- روش کلاسه‌بندی پارامترها

پیش از این گفته شد که مطالعاتی در زمینه پهنه‌بندی پارامترهای اقلیمی و جغرافیایی مؤثر بر طراحی شبکه برق خصوصاً در سطح فوق‌توزیع و انتقال در ایران انجام شده است [۱]. کلاسه‌بندی انجام شده در این زمینه، به عنوان کلاسه‌بندی معتبر برای مطالعات و طراحی شبکه توزیع برق نیز در نظر گرفته شده و استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به مشخص کردن مناطق سنگین، فوق سنگین، معمولی و سبک اشاره نمود.

زمانی که هدف کلاسه‌بندی پارامترهای مؤثر از دیدگاه طراحی شبکه توزیع برق باشد، بایستی ارتفاع شبکه توزیع، تجهیزات شبکه توزیع، سطح ولتاژ شبکه توزیع، مقادیر بار، مسیرها و شرایط مختلف شبکه توزیع و آرایش‌های مربوط به آن را مد نظر داشت. از این رو در پهنه‌بندی پیشنهادی در این پروژه، تمرکز بر موارد فوق گذاشته شده است و کلاسه‌بندی پارامترها و تعیین مرزهای مناسب برای پهنه‌بندی، بر این مبنا انجام پذیرفته است. به عنوان مثال، در کلاسه‌بندی تنوع پرندگان هر منطقه، طول بال پرنده‌ها و جثه آن‌ها لحاظ شده است و مبنای مرزبندی، فاصله بین هادی‌ها در شبکه توزیع در آرایش‌های مختلف (خصوصاً آرایش مثلثی با کراس آرم ۲/۴۴) و ارتفاع پایه مقره در نظر گرفته شده است. لازم است طراحان محترم دستورالعمل‌های مرتبط ذیل را به خوبی مطالعه نموده و استفاده نمایند.

- تدوین اطلس آسیب‌پذیری شبکه‌های توزیع نیروی برق [۲]
- رویه‌های اجرایی مقاوم‌سازی شبکه‌های توزیع برق [۳]
- دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه توزیع برق [۴]
- دستورالعمل محاسبات الکتریکی شبکه توزیع برق [۵]

۱-۵- دوره بازگشت

رخدادهای جوی به لحاظ وقوع و شدت وقوع قطعیت ندارند و مقدار و شدت متغیرهای بیان کننده از نوع متغیرهای تصادفی می‌باشند. بر این اساس، نمی‌توان مقدار دقیق و مشخصی از این رخدادها را برای مقاصد طراحی تعیین و استفاده نمود و می‌بایست با استفاده از روش‌های مبتنی بر آمار و احتمالات، مقادیر مناسبی از آن‌ها را تعیین و برای استفاده در روش‌های طراحی بر اساس قابلیت اطمینان استفاده نمود. اغلب مؤسسات متولی تهیه استانداردهای

طراحی شبکه برق مانند IEC روش طراحی بر اساس قابلیت اطمینان را پذیرفته و در استانداردهای خود ارائه کرده‌اند.

۱-۵-۱- مفهوم دوره بازگشت در پارامترهای مؤثر بر طراحی

به طور متداول برای بیان سطوح مختلف پارامترهای طراحی از لحاظ شدت، از مفهومی به نام دوره بازگشت[۱] استفاده می‌شود. دوره بازگشت مشخص کننده مدت زمان متوسط لازم برای تکرار وقوع سطح شدت مورد نظر از رخداد جوی بوده و احتمال فراگذشت شدت پارامتر بار از مقدار مورد نظر در دوره زمانی معین، عدد مشخصی می‌باشد. با فرض ثابت بودن سایر پارامترهای طراحی (پارامترهای مقاومت و ضرایب اطمینان)، استفاده از سطوح مختلف شدت پارامترهای جوی (با دوره‌های بازگشت مختلف) منجر به حصول سطوح مختلفی از قابلیت اطمینان در طراحی شبکه خواهد شد.

یکی از تفاوت‌های مهم در طراحی شبکه توزیع و انتقال را می‌توان تفاوت در عمر مفید و افق مطالعات و طراحی شبکه دانست. افق زمانی مطالعات و طراحی شبکه توزیع و همچنین عمر مفید تجهیزات در مقایسه با شبکه فوق‌توزیع و انتقال و پست‌های فوق‌توزیع کمتر است. به همین دلیل در مطالعات آماری برای تحلیل احتمال وقوع پدیده‌های مختلف مانند طوفان، زلزله، بارش برف شدید و کولاک، لحاظ کردن دوره‌های بازگشت طولانی، صحیح، علمی و اقتصادی نیست.

در این خصوص در سطح دنیا و در کشورهای پیشرفته مبنای دوره بازگشت برای رده‌های ولتاژی مختلف و سطوح متفاوت اهمیت خطوط، میزانی است که در آن هزینه‌های خاموشی و هزینه‌های ساخت و اجرا به یک نقطه تعادل رسیده و به عبارتی دوره بازگشت بهینه تعیین می‌گردد. به همین دلیل مشابه با آنچه در جدول (۱-۱۰) از مرحله اول ارائه شد، این دوره بازگشت برای سطوح مختلف ولتاژ یکسان نیست. با وجود آنکه تعیین دوره بازگشت با شیوه فوق بایستی برای مناطق مختلف جداگانه انجام شود، اما غالباً بر اساس اطلاعات و آنالیزهای کلی، دوره بازگشت تعیین می‌شود و در اغلب پدیده‌ها به طور مشابه به کار گرفته می‌شود. بر اساس مطالعات انجام شده در نقاط مختلف دنیا، ۵۰ سال به عنوان یک دوره بازگشت تقریباً مناسب برای طراحی شبکه توزیع برق است [۶].

محدودیت دیگری که در این میان وجود دارد، در اختیار بودن اطلاعات سابقه مناسب در بازه مورد نظر برای تحلیل و پهنه‌بندی پدیده‌های مختلف می‌باشد. در این شرایط اطلاعات کمتر از دوره ۵۰ ساله نیز می‌تواند مبنای عمل قرار

[۱] Return Period

گیرد. از آنجا که هدف تأمین برق مطمئن و پایدار برای مشترکین می‌باشد، در اغلب موارد بدترین شرایط محتمل از دیدگاه آماری مبنای عمل خواهد بود.

مقادیر حداکثر یا حداقل پارامترها (مانند سرعت باد، ضخامت یا وزن یخ، دما) در طول یک سال، به عنوان مقادیر حدی[1]منظور شده و استفاده از مقادیر کران بالای آن‌ها (با تعریف آماری مشخص) برای مقاصد طراحی، توسط استانداردهای مختلف پذیرفته شده است.

برای تخمین کران‌های مقادیر پارامترهای مورد نظر، می‌توان از تحلیل آماری مقادیر حدی ثبت شده در گذشته (به عنوان نمونه‌های جامعه آماری) استفاده نمود. تحلیل آماری مورد استفاده بدین منظور، اصطلاحاً تحلیل مقدار حدی[2]نامیده می‌شود. مقادیر حدی (حداکثر/حداقل سالانه) پارامترهای جوی ثبت شده در گذشته، خود متغیرهای تصادفی با توزیع‌های احتمال مربوط به خود می‌باشند.

۱-۵-۲- توابع توزیع احتمال پرکاربرد در پدیده‌های اقلیمی و جغرافیایی

همانطور که گفته شده اغلب پارامترهایی که در این مرحله از مطالعات پروژه فلسفه طراحی مطرح می‌شوند و تأثیر آن‌ها بر طراحی شبکه توزیع و انتخاب تجهیزات بیان می‌شود، پدیده‌هایی تکرار شونده هستند که با عدم قطعیت در شدت و زمان وقوع و تعداد وقوع همراه هستند.

به عنوان مثال اگر در شهر اصفهان اطلاعات دمای حداکثر رخ داده در هر سال بررسی شود، می‌توان احتمالی را برای وقوع هر مرز دمایی بر اساس اطلاعات ۵۰ سال گذشته محاسبه نمود. حال اگر این بازه به ۱۰ سال کاهش یابد، ممکن است برخی از مقادیر حدی از مطالعات خارج شود و اگر این بازه به ۱۰۰ سال افزایش یابد، احتمالاً مقادیر حدی جدیدی به مطالعات و محاسبات وارد می‌شود.

در مطالعات طراحی شبکه برای تعیین مقادیر مرزی در کلاسه‌بندی پارامترها، بایستی به شرایط شبکه و تجهیزات دقت نمود اما در تعیین شرایط هر منطقه مورد نظر برای طراحی، بایستی به اطلاعات سابقه وقوع این پدیده‌ها و سایر عوامل مؤثر توجه نمود و بر اساس روش‌های مناسب علمی، احتمال وقوع پدیده‌ها را تعیین نموده و با لحاظ کردن سطوح مختلف قابلیت اطمینان، طرح نهایی را مشخص نمود.

---

[1] Extreme Value

[2] Extreme Value Analysis

به دلیل تنوع پارامترهای مورد نظر، لزوماً یک تابع توزیع یکسان برای آنالیز پارامترهای گوناگون بهینه نیست. در این قسمت برخی از متداول‌ترین توابع توزیع در موضوعات اقلیمی و جغرافیایی عنوان شده و در بخش مربوط به پهنه‌بندی هر پارامتر، تابع توزیع برتر برای آن پارامتر عنوان می‌شود.

۱-۵-۲-۱- تابع توزیع گامبل

تابع توزیع گامبل از دسته توابع توزیع مجانبی است [۷]. این تابع برای بیان مقادیر حدی متغیرهایی که نامحدود بوده و تابع توزیع اولیه آن‌ها دارای دنباله کاهنده به فرم نمایی در سمت مقادیر حدی مورد نظر می‌باشند، به کار می‌رود. این تابع توزیع که به نام توسعه دهنده آن، تابع توزیع گامبل نامیده می‌شود، برای مقادیر حدی (حداکثر/حداقل سالانه) متغیرهایی با توزیع اولیه نمایی، نرمال، نرمال لگاریتمی و گاما مناسب است و دارای بیشترین کاربرد در پارامترهای اقلیمی می‌باشد [۷].

رابطه (۱ - ۱)

$$F_Y(y) = P(Y \le y) = \exp\{-\exp[-\frac{C_1}{\sigma_y}(y - \mu_y + \frac{C_2}{C_1}\sigma_y)]\}$$

که:

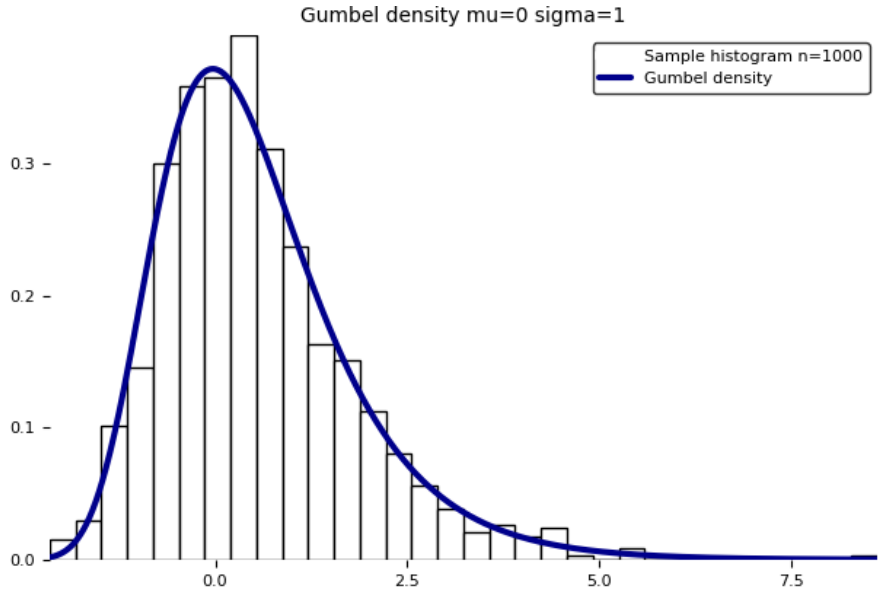
$F_Y(y)$	تابع توزیع احتمال متغیر Y
σ_y	انحراف معیار مقادیر حدی y
C_1 و C_2	ضرایب ثابت بر حسب تعداد نمونه (تعداد سال مورد بررسی یا بازگشت مورد نظر)
μ_y	میانگین مقادیر حدی y
y	مقادیر حدی متغیر مورد مطالعه (همچون ماکزیمم سرعت باد سالانه یا دمای حداکثر سالانه)

ضرایب C_1 و C_2 به تعداد سال مورد مطالعه یا دوره بازگشت مورد نظر وابسته است و بر اساس جدول (۱- ۲) می‌باشد. شکل (۱- ۱) نمایی از تابع توزیع گامبل را نشان می‌دهد.

جدول (۱- ۲) مقادیر ضرایب ثابت C_1 و C_2 در توزیع گامبل [۱]

n	C_1	C_2	C_2/C_1
۱۰	۰/۹۴۹۶۳	۰/۴۹۵۲۱	۰/۵۲۱۴۸
۱۵	۰/۰۲۰۵۷	۰/۵۱۲۸۴	۰/۵۰۲۵۰
۲۰	۱/۰۶۲۸۲	۰/۵۲۳۵۵	۰/۴۹۲۶۰
۲۵	۱/۰۹۱۴۵	۰/۵۳۰۸۶	۰/۴۸۶۳۹
۳۰	۱/۱۱۲۳۷	۰/۵۳۶۲۲	۰/۴۸۲۰۵
۳۵	۱/۱۲۸۴۷	۰/۵۴۰۳۴	۰/۴۷۸۸۲
۴۰	۱/۱۴۱۳۱	۰/۵۴۳۶۲	۰/۴۷۶۳۱

n	C_1	C_2	C_2/C_1
۴۵	۱/۱۵۱۸۴	۰/۵۴۶۳۰	۰/۴۷۴۲۸
۵۰	۱/۱۶۰۶۶	۰/۵۴۸۵۴	۰/۴۷۲۶۱
-	۱/۲۸۲۵۵	۰/۵۷۷۲۲	۰/۴۵۰۰۵



شکل (۱- ۱) نمای کلی از تابع توزیع احتمال گامبل

اگر یک رخداد جوی با پارامتر مشخصه حدی (حداکثر/حداقل سالانه) برابر یا بزرگتر از y در فاصله زمانی t به طور متوالی تکرار شود، (متغیر t فاصله زمانی بین دو رخداد متوالی با شدت برابر یا بزرگتر از مقدار مورد نظر) خود یک متغیر تصادفی بوده که مقدار میانگین آن، دوره بازگشت نامیده شده و با نماد T نشان داده می‌شود. بر این اساس، دوره بازگشت متناظر با شدت y با رابطه زیر قابل محاسبه است:

رابطه (۱ - ۲)

$$T(y)=\bar{t}(y)=\frac{1}{1-F_Y(y)}$$

که:

$F_Y(y)$ تابع توزیع احتمال متغیر Y

$1-F_Y(y)$ احتمال فراگذشت سالانه مقادیر متغیر Y از یک عدد خاص y

$T(y)$ دوره بازگشت متغیر یا پدیده Y

حال اگر $F_Y(y)$ از رابطه (۱ – ۲) در رابطه (۱ – ۱) جایگذاری شده و مقادیر حدی برای دوره بازگشت مشخص محاسبه شود، رابطه (۱ – ۳) حاصل می‌شود.

رابطه (۱ - ۳)

$$y = \mu_y - \frac{C_2}{C_1}\sigma_y + \frac{\sigma_y}{C_1}\{-\ln[-\ln(1-\frac{1}{T})]\}$$

که:

T	دوره بازگشت مورد نظر
σ_y	انحراف معیار مقادیر حدی y
C_1 و C_2	ضرایب ثابت بر حسب تعداد نمونه (تعداد سال مورد بررسی یا بازگشت مورد نظر)
μ_y	میانگین مقادیر حدی y
y	مقادیر حدی مورد نظر برای دوره بازگشت T (ماکزیمم سرعت باد سالانه، دمای حداکثر سالانه و ....)

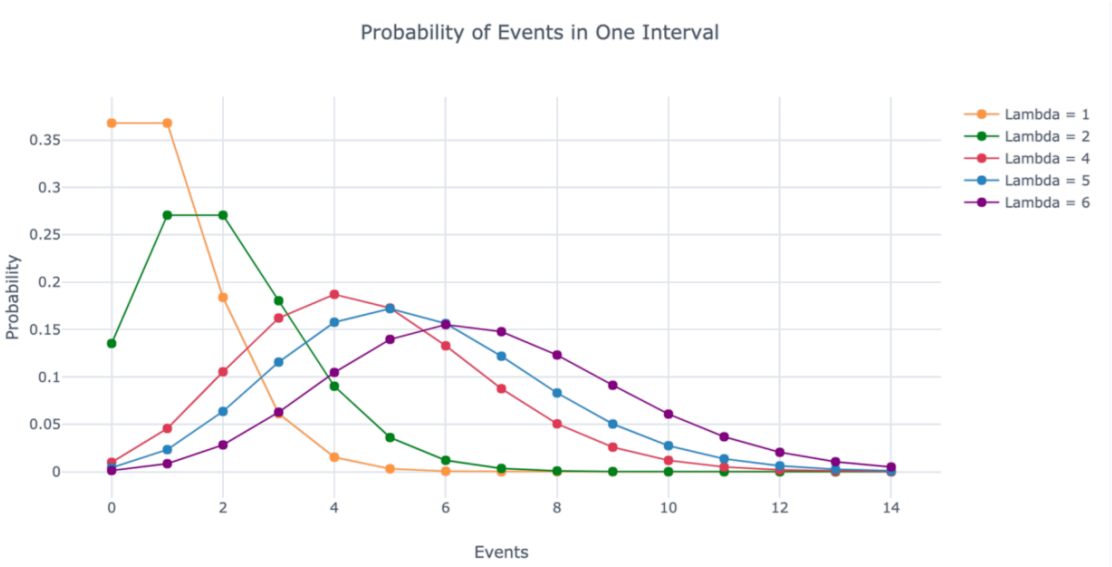
مقادیر میانگین متغیرهای حدی و انحراف معیار آن‌ها را می‌توان بر اساس اطلاعات موجود متغیر در سال‌های گذشته محاسبه نمود و به این ترتیب تمامی متغیرهای مورد نیاز در رابطه (۱ – ۳) موجود است و می‌توان مقادیر مرزی متناسب با تابع توزیع گامبل را محاسبه نمود. روش‌های دیگری نیز برای تعیین این مقادیر وجود دارد که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

برخی پارامترهای مورد مطالعه ممکن است از تابع توزیع احتمال گامبل تبعیت نکنند، در این شرایط توابع توزیع احتمال POT[1]، گاما[2] و در مورد زلزله تابع توزیع احتمال پواسن[3] پیشنهاد شده است.

۱-۵-۲-۲- تابع توزیع پواسن

فرآیند پواسون یک مدل برای توصیف پدیده‌هایی است که به ندرت پیش می‌آیند. ولی برای شناخت بیشتر این مدل باید قادر باشیم مقدار احتمالات را برای چنین پدیده‌هایی محاسبه کنیم. چنین احتمالاتی، از طریق تابع توزیع پواسن به دست می‌آید [۸]. تابع توزیع احتمال برای متغیر تصادفی پواسن با توجه به تعداد متوسط رخداد پیشامد در طول زمان یا مکان به صورت زیر نشان داده می‌شود. شکل (۱– ۲) نمایی از تابع توزیع پواسن را نشان می‌دهد. رابطه تابع توزیع پواسن نیز رابطه (۱ – ۴) نشان داده شده است.

[1] Peak-Over-Threshold
[2] Gamma Distribution
[3] Poisson Distribution



شکل (۱- ۲) تابع توزیع احتمال پواسن

رابطه (۱ - ۴)

$$P(X = x) = \exp(-\lambda \frac{\lambda^x}{x!})$$

که:

λ متوسط و واریانس پدیده در سال که در این تابع توزیع احتمال برابر است

x احتمال وقوع x بار از پدیده مورد نظر در سال

۱-۶- روش تولید نقشه‌های پهنه‌بندی در GIS

با توجه به آنکه اطلاعات ثبت شده از پارامترهای مختلف مد نظر در این مطالعات غالباً به صورت نقطه‌ای و برخی به صورت خطی می‌باشند، اما مکان شبکه و تجهیزات در گستره بیشتری قرار دارد، لذا لازم است با روش‌های صحیح و علمی، پهنه‌بندی مناسب برای پارامترهای مختلف انجام شود.

پارامترهای هواشناسی به دلیل هزینه بر بودن نمونه‌برداری، به صورت نقطه‌ای یا ایستگاهی اندازه‌گیری می‌شوند. اما ضرورت ایجاب می‌کند این اطلاعات اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌ها برای تحلیل‌های منطقه‌ای، تعمیم داده شوند و توزیع آن‌ها در پهنه جغرافیایی ترسیم شود. در واقع اعتبار متغیرهای اقلیمی فقط برای همان نقطه‌ای است که اندازه‌گیری می‌شوند اما به منظور تخمین مقدار متغیرهای هواشناسی در مکان‌های دیگر و تهیه نقشه‌های پیوسته، از روش‌های درونیابی فضایی استفاده می‌نمایند [۹, ۱۰].

روش‌های درونیابی به دو دسته آماری و قطعی قابل تقسیم‌بندی است. روش‌های درونیابی قطعی، سطوحی بر مبنای میزان شباهت (مثلاً روش وزن‌دهی معکوس فاصله) یا درجه نرمی (مثلاً توابع پایه شعاعی) نقاط اندازه‌گیری شده را می‌سازند. روش‌های درون‌یابی زمین آماری (مثلاً کریجینگ) خصوصیات آماری نقاط اندازه‌گیری شده را به

کار می‌گیرند. روش‌های زمین آماری، خودهمبستگی مکانی بین نقاط اندازه‌گیری شده را تعیین کرده و پیکربندی مکانی نقاط نمونه پیرامون موقعیت مورد پیش‌بینی را حساب می‌کنند.

روش‌های قطعی خود به دو دسته تقسیم می‌شوند: عمومی و محلی. روش‌های عمومی با استفاده از کل مجموعه داده ورودی، مقادیر نقاط مجهول را محاسبه می‌کنند. روش‌های محلی از نقاط اندازه‌گیری شده داخل همسایگی که نواحی مکانی کوچک‌تردارند و داخل ناحیه مورد مطالعه هستند، برای پیش‌بینی استفاده می‌کنند. تحلیلگر زمین آماری، چند جمله‌ای عمومی را به عنوان درون‌یاب عمومی و روش‌های وزن‌دهی معکوس فاصله، چند جمله‌ای محلی و توابع پایه شعاعی را به عنوان درون‌یاب‌های محلی ارائه می‌دهد.

امروزه به منظور تخمین متغیرهای مکانی در منطقه از روشی آماری تحت عنوان زمین آمار (geostatistics) استفاده می‌گردد. تفاوت اصلی این روش با آمار کلاسیک این است که در آمار کلاسیک نمونه‌های گرفته شده از یک جامعه آماری، مستقل از یکدیگر بوده و وجود یک نمونه هیچ گونه اطلاعاتی درباره نمونه بعدی نمی‌دهد. اما روش زمین آمار وجود همبستگی مکانی بین مقادیر یک متغیر در یک ناحیه را بررسی می‌نماید. روش‌های مختلف زمین آمار بسته به نوع متغیر، دقت متفاوتی را نشان می‌دهند. با توجه به امکان استفاده از این روش‌ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی و استفاده روز افزون از این سامانه‌ها، اهمیت انتخاب روش مناسب توسط استفاده‌کننده دوچندان می‌گردد. در مطالعات جغرافیایی برداشت اطلاعات اغلب به صورت نقطه‌ای انجام می‌شود. معمولاً ضرورت دارد اطلاعات حاصل از نمونه‌برداری نقطه‌ای به سطح تعمیم داده شود.

فرایند برآورد مقادیر اطلاعاتی برای مکان‌های که اطلاعاتی برای آن‌ها وجود ندارد بر اساس اطلاعات مناطق نمونه، درونیابی فضایی نامیده می‌شود. با این حال هنوز باید در استفاده از نتایج حاصل از این مدل‌ها دقت کافی داشت. با توجه به نیاز مبرم اقلیم‌شناسان، جغرافیدانان و دیگر محققان علوم محیطی که به نوعی با مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی و پیش‌بینی ارتباط دارند. روش‌های متعددی از الگوریتم‌های درونیابی در دسترس است [۹].

انجام روش‌های مختلف درونیابی فضائی به نوع آرایش فضائی، پراکندگی متغیر و ویژگی منطقه‌ای مورد مطالعه بستگی دارد. در واقع درونیابی، تغییرات پیوسته‌ای فضائی را به صورت یک سطح تعریف شده مجسم می‌سازد. در روش‌های درون‌یابی مکانی، تخمین بر اساس ساختار مکانی موجود در محیط مورد نظر صورت می‌گیرد، که طی آن می‌توان مقدار یک کمیت در نقاطی با مختصات معلوم را با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم برآورد نمود. هدف از درونیابی آن است که با استفاده از مجموعه‌ای از نقاط ناپیوسته، پهنه‌ها و سطوح پیوسته‌ای از داده‌ها تولید نمود. اغلب روش‌های درونیابی در مناطق هموار و مسطح که درآن‌ها تغییرات

مکانی متغیرهای محیطی کمتر دیده می‌شود، نتایج تقریباً مشابهی را می‌دهند، درحالی که درمناطق کوهستانی که درآن‌ها تغییرات مکانی مقادیر متغیر بیشتر است، نتایج روش‌های درونیابی متفاوت بوده و به همین دلیل انتخاب روش درونیابی حائز اهمیت می‌باشد. در ادامه برخی از متداول‌ترین روش‌های درون‌یابی مکانی تشریح می‌گردد. این روش‌ها در نرم‌افزارهای GIS متداول مانند ARCGIS موجود است و با اجرای دستورات مربوطه می‌توان پهنه‌بندی مناسب را بر اساس اطلاعات اندازه‌گیری موجود تهیه نمود.

۱-۶-۱- روش وزنی معکوس فاصله[۱]

روش وزن‌دهی معکوس فاصله از جمله روش‌های درون‌یابی قطعی است. در روش وزنی معکوس فاصله برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری، وزنی بر اساس فاصله بین آن نقطه تا موقعیت نقطه مجهول در نظر می‌گیرد. سپس این اوزان توسط توان وزن‌دهی کنترل می‌شود، به طوری که توان‌های بزرگتر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد برآورد را کاهش داده و توان‌های کوچک‌تر وزن‌ها را به طور یکنواخت‌تری بین نقاط هم جوار توزیع می‌کنند. البته باید توجه داشت که این روش بدون توجه به موقعیت و آرایش نقاط، فقط فاصله آن‌ها را در نظر می‌گیرد. یعنی نقاطی که دارای فاصله یکسانی از نقطه برآورد هستند دارای وزن یکسانی می‌باشند. مقدار عامل وزنی با استفاده از رابطه (۱ – ۵) محاسبه می‌گردد [۹]. در این روش نقاط نزدیک‌تر تأثیر بیشتری را روی مقدار پیش‌بینی خواهد داشت.

رابطه (۱ - ۵)

$$\lambda i = \frac{1/d_i^p}{\sum_{i=1}^{n} 1/d_i^p}$$

که:

λi	وزن ایستگاه iام
d_i	فاصله ایستگاه iام تا نقطه مجهول
p	توان وزن‌دهی
n	تعداد نمونه‌ها

روش درون‌یابی چند جمله‌ای عمومی[۲] چند جمله‌ای محلی[۳] و توابع پایه شعاعی[۴] از جمله روش‌های درون‌یابی قطعی محسوب می‌شود.

---

[۱] IDW (Inverse Distance Weight)

[۲] Global Polynomial

[۳] Local Polynomial

[۴] Radial Basic Function

۱-۶-۲- کریجینگ معمولی[1]

بر خلاف روش‌های درون‌یابی قطعی، زمین آمارها فرض می‌کنند که همه مقادیر در منطقه مورد مطالعه ناشی از فرآیندی اتفاقی می‌باشند. یک فرآیند اتفاقی به این معنا نیست که همه رویدادها مانند انداختن سکه از هم مستقل هستند. زمین آمارها بر مبنای فرآیندهای اتفاقی با وابستگی هستند. در زمین آمارها دو فعالیت کلیدی وجود دارد: مشخص کردن قوانین وابستگی و انجام پیش‌بینی. به عبارت دیگر زمین آمارها دو مرتبه از اطلاعات استفاده می‌کنند در دور اول برای تعیین خودهمبستگی‌ها و در مرتبه دوم برای برآوردها. روش‌های کریجینگ ساده، معمولی و جهانی از جمله متداول‌ترین روش‌های زمین آماری محسوب می‌شوند.

کریجینگ مشابه IDW است که به مقادیر اندازه‌گیری شده پیرامون وزن می‌دهد تا برای هر موقعیت یه یک پیش‌بینی دست یابد. لیکن وزن‌ها نه تنها بر مبنای فاصله بین نقاط اندازه‌گیری شده و موقعیت پیش‌بینی، بلکه بر مبنای آرایش مکانی کلی بین نقاط اندازه‌گیری شده می‌باشند. کریجینگ معمولی در شرایطی مورد استفاده قرار می‌گیرد که میانگین مجهول می‌باشد. چون در اکثر موارد، تعداد و پراکندگی داده‌ها به حدی نیست که میانگین‌گیری ساده از آن‌ها، میانگین واقعی متغیر را نشان دهد. در کریجینگ ساده بایستی مقدار میانگین معلوم باشد که غالباً در موضوع پهنه‌بندی‌های مورد نظر، فرض وجود این مقدار میانگین مشخص صحیح نیست. لذا روش کریجینگ معمولی با استفاده از رابطه (۱ – ۶) برتری قابل توجهی در پیاده‌سازی دارد.

$$Z(x_0)=\sum_{i=1}^{n}\lambda_i.Z(x_i)$$ **رابطه (۱ - ۶)**

که:

λi	وزن ایستگاه iام
$Z(x_i)$	مقدار معلوم مربوط به ایستگاه iام
n	تعداد داده‌های معلوم
$Z(x_0)$	مقدار مجهول در نقطه x_0

به طور کلی روش‌های فوق به صورت ابزارهای از پیش آماده در نرم‌افزارهای GIS وجود دارند و می‌توان با استفاده از آن‌ها، پهنه‌بندی مورد نیاز را بر اساس اطلاعات معلوم از نقاط اندازه‌گیری تهیه نمود.

[1] Ordinary Kriging

۱-۶-۳- اعتبارسنجی مدل‌ها

انتخاب روش برتر تولید نقشه‌های پهنه‌بندی بر اساس اعتبارسنجی مدل‌ها انجام می‌شود. به عبارت دیگر نمی‌توان از پیش، یکی از روش‌ها را برتر از سایرین دانست. لذا با اعتبارسنجی مدل‌ها می‌توان روش برتر را تعیین نمود.

برای اعتبارسنجی مدل چنین عمل می‌شود که در ابتدا از همه داده‌ها برای برآورد مدل خودهمبستگی استفاده می‌کند، سپس یکی یکی، هر موقعیت داده را حذف کرده و مقدار داده مربوط را پیش‌بینی می‌کند. مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده در موقعیت نقطه حذف شده مقایسه می‌شوند. این فرآیند برای نقاط دیگر تکرار می‌گردد. برای همه نقاط Cross Validation مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده را مقایسه می‌کند. از طرفی، Cross-validation با استفاده از همه داده‌ها به منظور برآورد مدل خودهمبستگی، مقدار کوچکی را اشتباهاً نمایش می‌دهد. پس از اتمام Cross-validation چند موقعیت داده ممکن است به صورت غیرعادی کنار گذاشته شوند و نیازمند مدل خودهمبستگی برای اصلاح باشند.

Validation ابتدا قسمتی از داده را که مجموعه داده ارزیابی نامیده می‌شود حذف می‌کند. سپس از باقی داده که مجموعه داده آموزش می‌باشد استفاده کرده تا مدل‌های روند و خودهمبستگی مورد استفاده برای پیش‌بینی را توسعه دهد.

مهمترین شاخص‌هایی که برای ارزیابی دقت محاسبات استفاده می‌شود شامل موارد زیر است:

- میانگین خطاهای مطلق: شاخص میانگین خطای مطلق، قدر مطلق خطاهای برآورد را نشان می‌دهد، لذا هر اندازه که مقدار عددی این شاخص بالاتر باشد، مدل خطاهای بیشتری را به همراه داشته است و مقادیر برآوردی از مقادیر واقعی فاصله بیشتری دارند. لذا این شاخص صحت برآورد را نشان می‌دهد.
- میانگین خطاهای اریب : این شاخص دقت مدل‌ها را نشان می‌دهد. اما از لحاظ شاخص انحراف‌سنجی یا شاخص میانگین خطاهای اریب، در واقع این شاخص میزان انحراف برآوردگرها را نمایش می‌دهد. بنابراین می‌تواند مقادیر منفی و مثبت داشته باشد.
- ریشه میانگین مربع خطاها: این شاخص در حقیقت مشابه انحراف معیار است.

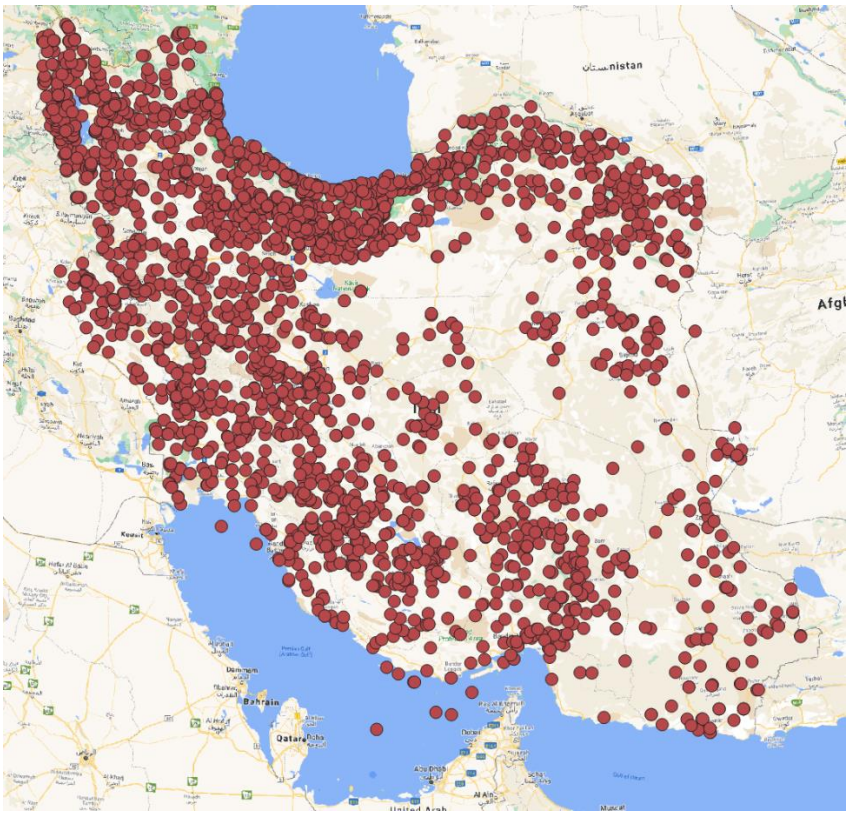
۱-۷- پهنه‌بندی اقلیمی

سازمان هواشناسی کشور (زیر مجموعه وزارت راه و شهرسازی) بانک اطلاعاتی مورد نیاز برای انجام مطالعات متنوع و پهنه‌بندی‌های مورد نیاز در زمینه موضوعات اقلیمی را جمع‌آوری می‌نماید. این سازمان در نقاط مختلف

کشور و با توجه به تنوع شرایط اقلیمی و آب و هوایی، ایستگاه‌های هواشناسی لازم را دایر نموده و اطلاعات مربوطه را بر اساس استانداردهای جهانی ذخیره می‌نماید.

در شکل (۱- ۳) پراکندگی ایستگاه‌های سینوپتیکی قابل مشاهده است. ایستگاه‌های سینوپتیکی ایستگاه‌هایی هستند که به طور همزمان در سراسر دنیا بر اساس ضوابط و مقررات سازمان جهانی هواشناسی موظف به اندازه‌گیری و تهیه پارامترهای جوّی و ارسال آن‌ها می‌باشند.

علاوه بر ایستگاه‌های سینوپتیکی، اطلاعات هواشناسی مهم با فاصله زمانی ساعت به ساعت و یا هر نیم ساعت به نیم ساعت در فرودگاه‌های پرتردد اندازه‌گیری می‌شود که به «گزارش‌های متار» معروف است. کدهای متار برای مقاصد هواپیمایی صادر می‌شوند و در مرکز داده‌های سازمان هواشناسی کشف کد شده و ذخیره می‌گردند. این اطلاعات البته در مقایسه با ایستگاه‌های سینوپتیکی کارایی کمتری هم از نظر گستره اطلاعات و هم از نظر بازه اطلاعات موجود دارند.



شکل (۱- ۳) پراکندگی ایستگاه‌های هواشناسی ایران

۱-۷-۱- تعیین پارامترهای مؤثر و کلاسه‌بندی آن‌ها در مبحث دمای هوا

پارامتر دمای هوا یکی از مهمترین و اثرگذارترین پارامترهای اقلیمی در طراحی شبکه توزیع برق است[۱۱]. این پارامتر به طرق مختلف در طراحی شبکه هم در بخش محاسبات الکتریکی و هم محاسبات مکانیکی و همچنین

انتخاب تجهیزات وارد می‌شود. با افزایش دمای هوا، انبساط در طول هادی‌ها می‌تواند Clearance مجاز را تحت تأثیر قرار دهد و موجب بروز اتصال کوتاه خصوصاً در شبکه‌های بیش از یک مدار و یا در نقاط عبور شبکه‌های هوایی از روی هم شود و مخاطرات جانی نیز برای مردم به دنبال داشته باشد. از طرف دیگر عملکرد تجهیزات مختلف در دماهای بسیار پایین یا بسیار بالا ممکن است دچار اختلال شود. گرمای هوا همچنین باعث افزایش مقاومت هادی‌ها و کاهش میزان بارگذاری مجاز ترانسفورماتورها می‌شود که بایستی در طراحی شبکه توزیع مد نظر قرار گیرد.

۱-۷-۱-۱- پارامتر حداکثر دمای هوای معمول

این پارامتر در محاسبات مکانیکی شبکه توزیع و تعیین فاصله عمودی هادی‌های شبکه از زمین و جدول روز سیم‌کشی مؤثر است. علاوه بر این از آنجا که در مناطق گرمسیر، غالباً پیک بار شبکه با زمان حداکثر دمای محیط (خصوصاً در شبکه‌های شهری و روستایی) همزمان است، بر مقاومت هادی‌ها و میزان افت ولتاژ و جریان مجاز کابل‌های هوایی، هادی‌های روکش‌دار و غیر روکش‌دار اثرگذار است. این پارامتر همچنین بر میزان بارگذاری مجاز ترانسفورماتورها نیز اثرگذار است که هم در پست‌های توزیع و هم در پست‌های فوق توزیع بایستی در نظر گرفته شود.

نکته‌ای که لازم است به آن توجه شود، آن است که دمای هوا در ایستگاه‌های هواشناسی تحت دو عنوان خشک و تر اندازه‌گیری می‌شود. دمای خشک دمایی است که به طور مستقیم به وسیله تماس دماسنج خشک با جریان هوای محیط در داخل سایه و به دور از تابش مستقیم خورشید، اندازه‌گیری می‌شود. دمای خشک معمولاً به نام دمای هوا، که همان دمای ترمودینامیکی است، شناخته می‌شود. به این ترتیب دمای هوا در زیر تابش آفتاب، به میزان قابل توجهی از دمای اندازه‌گیری شده و ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی بیشتر است. به این ترتیب، در مناطقی که میزان تابش خورشید که غالباً با پارامتر تعداد ساعات آفتابی همراهی دارد، بیشتر است، اثر دمای بالا هوا بیشتر خواهد بود.

حداکثر دمای هوا در هر ایستگاه سینوپتیکی در ساعت ۱۸:۳۰ محلی گزارش می‌شود و می‌توان بر اساس این اطلاعات، پهنه‌بندی مناسبی از حداکثر دمای هوا در نقاط مختلف تحت پوشش هر شرکت توزیع به دست آورد. نکته مهمی که در موضوع دمای حداکثر بایستی به آن توجه نمود آن است که دمای بالای هوا در اغلب تجهیزات در مدت‌های کوتاه قابل تحمل است و باعث به وجود آمدن آسیب جدی نمی‌شود [۱۱]. در طرف مقابل انجام طراحی و محدودسازی میزان بارگذاری تجهیزات و همچنین اعمال مقاومت واقعی هادی‌ها بر مبنای دمای

حداکثری که از دوره بازگشت ۵۰ ساله نتیجه می‌شود، بسیار سخت‌گیرانه است و باعث اتلاف هزینه شده و طرح را از حالت اقتصادی خارج می‌کند. به همین دلیل پیشنهاد می‌شود که رابطه (۱ – ۷) برای تعیین دمای ماکزیمم معمول هر منطقه استفاده شود.

رابطه (۱ - ۷)

$$T_{\max} = \frac{\sum_{y=1}^{10}\sum_{d=1}^{62} temp_{\max}(y,d)}{620}$$

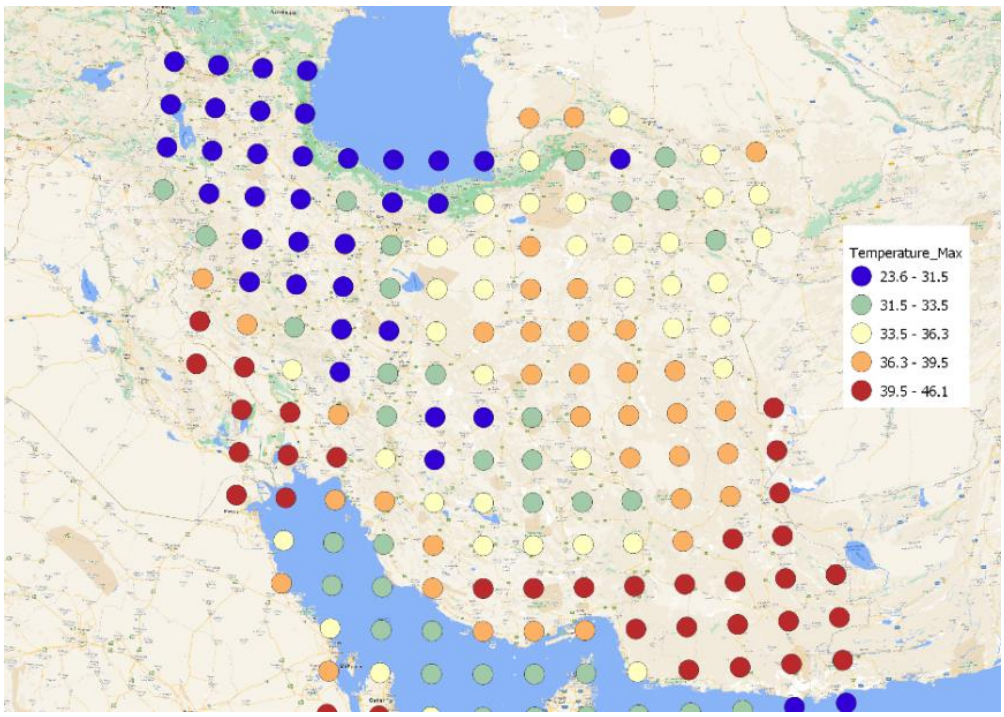
که:

d شماره روز در ماه‌های تیر و مرداد هر سال

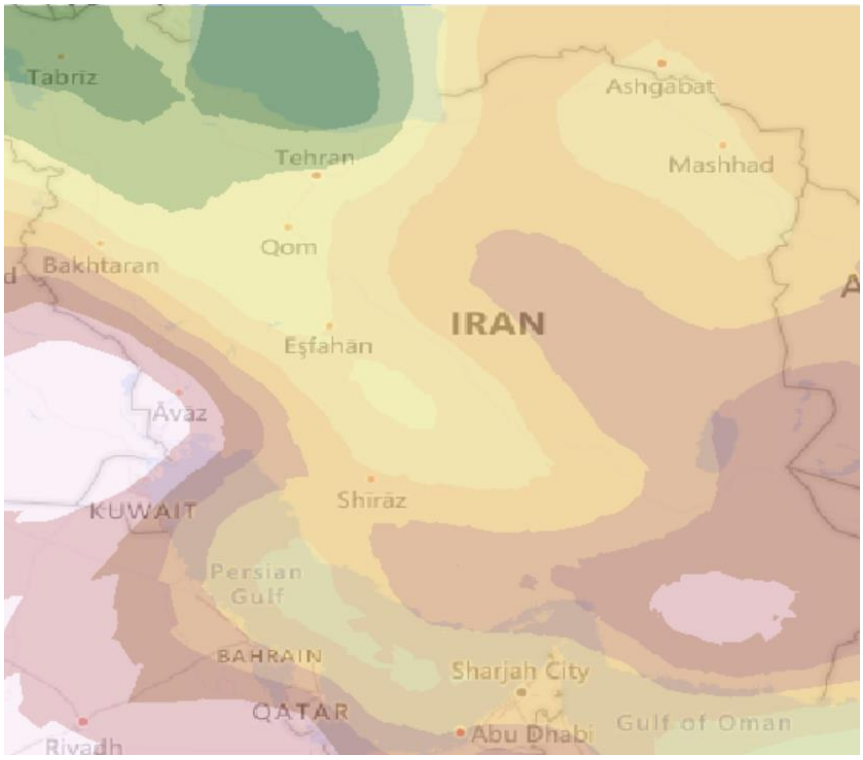
y شماره سال (۱۰ سال گذشته)

$temp_{\max}(y,d)$ دمای هوای حداکثر در روز dام از سال yام

شکل (۱– ۴) بر اساس اطلاعات [۱۲] ارائه شده است. اگر بر این اطلاعات کریجینگ ساده پیاده‌سازی شود، شکل (۱– ۵) حاصل می‌شود.



شکل (۱- ۴) سایت بندی ایران و تعیین ماکزیمم دمای سالانه هر سایت [۱۱]



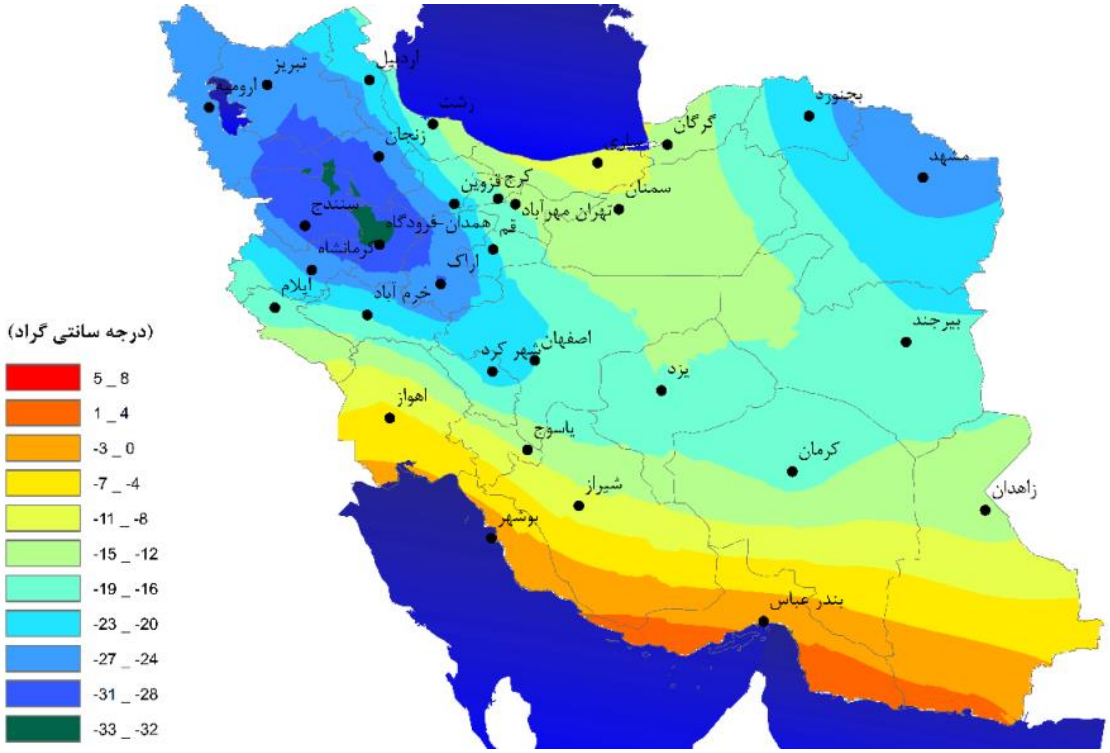
شکل (۱- ۵) نتیجه اعمال کریجینگ ساده بر اطلاعات [۱۱]

۱-۷-۱-۲- حداقل دمای هوای محتمل

این پارامتر در محاسبات مکانیکی شبکه توزیع و تعیین کشش و فلش مناسب هادی‌ها و جدول روز سیم‌کشی مؤثر است. علاوه بر این از آنجا که اختلال در عملکرد کلیدهای SF6 در دماهای پایین گزارش شده است، در انتخاب تجهیزات کلیدزنی نیز مشخص کردن دمای حداقل مؤثر است. این دمای حداقل می‌تواند در کنار پدیده‌های دیگری مانند باد و بارش برف و باران، قطر یخ بالاتر را موجب شده و در محاسبات مکانیکی و طراحی شبکه با اعمال این نیروها نیز اثرگذار شود.

مبنای عمل در این اطلاعات نیز دمای خشک است. حداقل دمای هوا در هر ایستگاه سینوپتیکی در ساعت ۶:۳۰ محلی گزارش می‌شود و می‌توان بر اساس این اطلاعات، پهنه‌بندی مناسبی از حداقل دمای هوا در نقاط مختلف تحت پوشش هر شرکت توزیع به دست آورد.

وقوع دمای هوای پایین می‌تواند منجر به آسیب جدی به بخش قابل توجهی از شبکه شود. بنابراین، استفاده از توزیع گامبل با دوره بازگشت ۵۰ ساله برای این پهنه‌بندی پیشنهاد می‌شود.

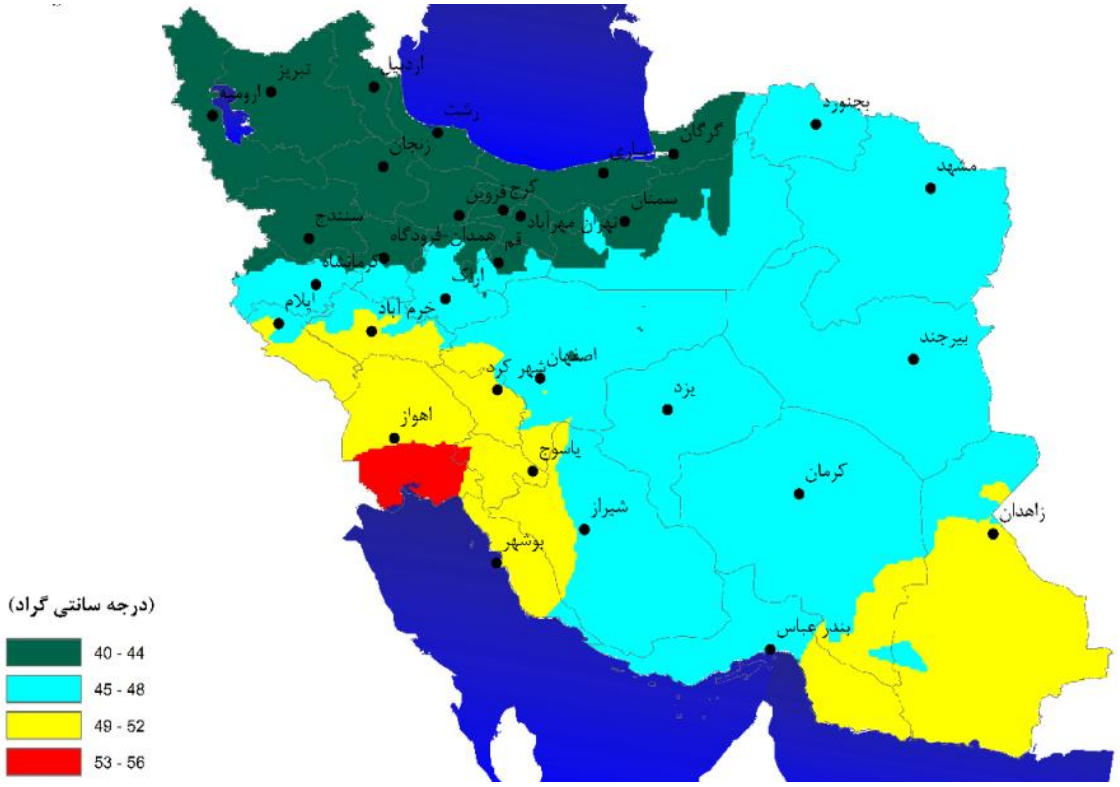


شکل (۱- ۶) نقشه پهنه‌بندی کمینه دمای محتمل [۱۱]

۱-۷-۱-۳- حداکثر دمای هوای محتمل

یکی دیگر از پارامترهای مؤثر در طراحی شبکه توزیع که خصوصاً در شبکه‌های دومداره یا بیشتر می‌تواند اهمیت خود را نشان دهد، پارامتر حداکثر دمای هوای محتمل است. پیش از این در رابطه با پارامتر حداکثر دمای هوای معمول صحبت شد و چنین طرح شد که این پارامتر بیشتر با هدف اعمال در محاسبات الکتریکی و اعمال اثر دمای هوا در محدودیت‌های بارگذاری تجهیزات پیشنهاد شده است. زیرا لحاظ کردن حداکثر دمای هوای محتمل در چنین مواردی صرفه اقتصادی و توجیه فنی ندارد. اما حفظ پایداری شبکه و تأمین برق مطمئن در شرایط حداکثر دمای هوای محتمل نیز بایستی مدنظر قرار گیرد.

برای این منظور از توزیع گامبل ۵۰ ساله بر اساس اطلاعات ماکزیمم دمای سالانه استفاده می‌شود. به عبارت دیگر این پارامتر مشابه با حداقل دمای هوای محتمل محاسبه می‌گردد و تنها به جای حداقل دمای هوای سالانه، ورودی محاسبات حداکثر دمای هوای سالانه است. نتایج پهنه‌بندی انجام شده با این اطلاعات در شکل (۱– ۷) قابل مشاهده است.



شکل (۱- ۷) پهنه‌بندی حداکثر دمای هوای محتمل بر اساس توزیع گامبل ۵۰ ساله [۱۱]

خلاصه نتایج تعیین پارامترهای مؤثر در زمینه دمای هوا و کلاسه‌بندی پیشنهادی در جدول (۱– ۳) بر اساس استاندارد IEC60439 و IEC62271 نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، سه پارامتر مهم دمای هوای حداکثر معمول، دمای هوای حداقل محتمل و دمای هوای حداکثر محتمل پیشنهاد شده و کلاسه‌بندی مربوطه پیشنهاد شده است.

جدول (۱- ۳) پارمترها و کلاسه بندی مربوط به دمای هوا

عنوان	رابطه یا توزیع مربوطه	معمولی	سنگین	فوق سنگین
حداکثر دمای هوای معمول	رابطه (۱ - ۷)	$t \le 40^{\circ C}$	$40^{\circ C} < t \le 45^{\circ C}$	$t > 45^{\circ C}$
حداقل دمای هوای محتمل	توزیع گامبل با دوره بازگشت ۵۰ ساله	$t \ge -5^{\circ C}$	$-15^{\circ C} \le t < -5^{\circ C}$	$t < -15^{\circ C}$
حداکثر دمای هوای محتمل	توزیع گامبل با دوره بازگشت ۵۰ ساله	$t \le 35^{\circ C}$	$35^{\circ C} < t \le 40^{\circ C}$	$t > 40^{\circ C}$

۱-۷-۲- تعیین پارامترهای مؤثر و کلاسه‌بندی آن‌ها در مبحث باد

ایستگاه‌های هواشناسی پارامتر سرعت باد و جهت آن را اندازه‌گیری و ثبت می‌نمایند. سرعت باد علاوه بر تاثیر خود بر طراحی مکانیکی شبکه توزیع برق در پدیده‌هایی مانند طوفان و کولاک و گرد و خاک نیز مؤثر است.

البته پارامترهای مرتبط با گرد و خاک و شن در هوا در کنار وجود ریزگردها و دیگر آلودگی‌های هوایی، گروه دیگری از پارامترهای مؤثر هستند که بایستی آن‌ها را به دلیل تفاوت در تاثیرات آن‌ها در یک گروه دیگر قرار داد. نکته دیگر در موضوع پارامتر باد، همراهی پارامتر مزبور با وضعیت پوشش گیاهی منطقه است. وجود درخت در مسیر شبکه زمانی که با وزش باد شدید همراه شود، ضمن افزایش احتمال وقوع خطاهای گذرا، احتمال سقوط درختان روی شبکه و پارگی سیم و سقوط احتمالی پایه‌ها را افزایش می‌دهد. در مناطق شهری با وجود آنکه وجود ساختمان‌ها موجب کاهش اثر مستقیم باد روی شبکه می‌شود، اما احتمال سقوط درختان روی شبکه و خطاهای مربوطه در مناطق شهری بسیار زیاد است. پست‌های هوایی نیز به دلیل بادگیر بودن آن‌ها می‌تواند از نقاط ضعف شبکه در مناطق بادخیز باشد. در این مناطق احتمال برخورد هادی‌های شبکه در اسپن‌های طولانی بیشتر است و لذا فاصله بین هادی‌ها و انتخاب آرایش شبکه و همچنین طول اسپن‌ها بایستی با اعمال ملاحظات لازم انجام شود.

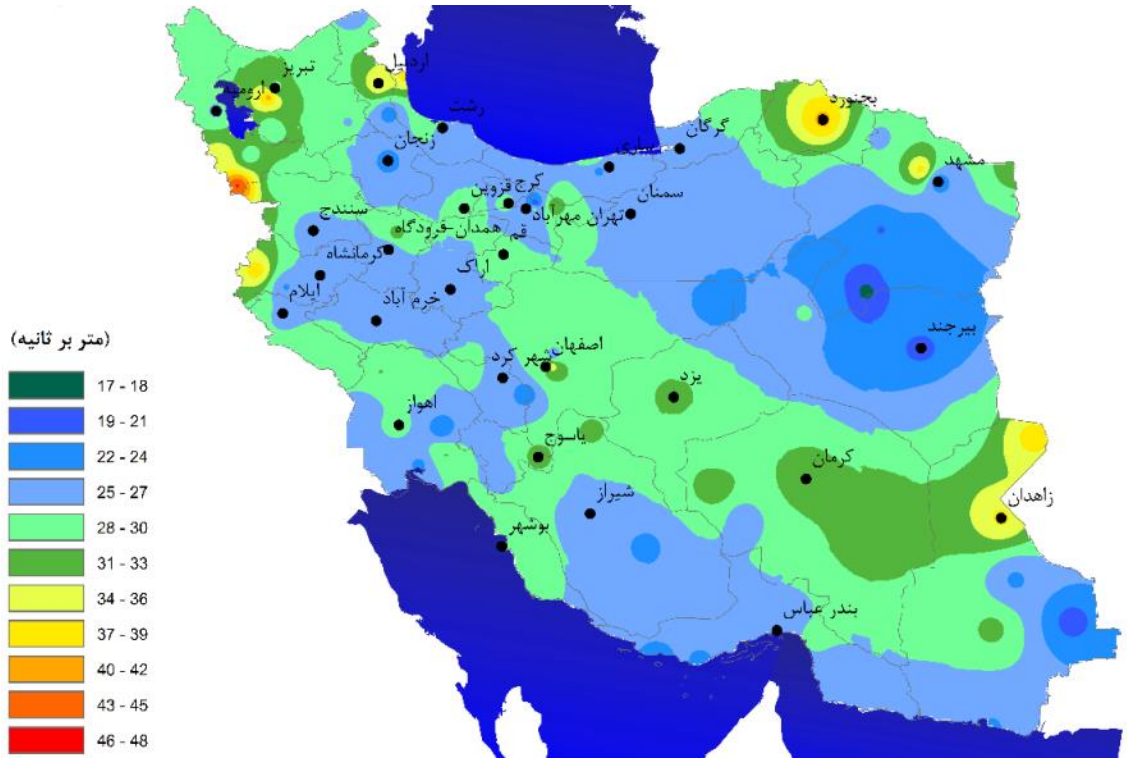
بر اساس توضیحات فوق، استفاده از توزیع گامبل ۵۰ ساله بر روی حداکثر سرعت باد سالانه، روش مناسبی برای تعیین شاخص مربوطه می‌باشد. سرعت باد غالباً به نیروهای ۰ تا ۱۲ تفکیک می‌شود [۱۳]. بر همین اساس کلاسه‌بندی پارامتر حداکثر سرعت باد به صورت جدول (۱– ۴) پیشنهاد می‌شود.

- نیروهای صفر تا ۲: سرعت باد تا ۱۱ کیلومتر (صفر تا ۷ مایل) در ساعت؛ هوا آرام یا دارای حرکت آهسته بوده و همراه با غبار و حرکت آهسته برگ‌ها می‌باشد.
- نیروهای ۳ تا ۴: سرعت باد از ۱۲ کیلومتر (۸مایل) در ساعت تا ۲۹ کیلومتر (۱۸ مایل) در ساعت می‌باشد. نسیم یا باد متوسط وجود دارد که پرچم‌ها را به هم می‌زند، کاغذها را به هوا بلند می‌کند و به اطراف می‌برد و برگ‌ها و شاخه‌های کوچک درختان را حرکت می‌دهد.
- نیروهای ۵ تا ۶: سرعت باد از ۳۰ کیلومتر (۱۹ مایل) در ساعت تا ۵۰ کیلومتر (۳۱ مایل) در ساعت است. باد نیمه قوی یا قوی وجود دارد و درختان کوچک و شاخه‌های بزرگ به حرکت در می‌آیند و اشیاء سبک در سطح زمین به اطراف پرتاب می‌شوند.
- نیروهای۷ تا ۹: سرعت باد از ۵۱ کیلومتر (۳۹ مایل) تا ۸۷ کیلومتر (۵۴ مایل) در ساعت است. تند باد یا طوفان شدید وجود دارد. تمام درختان تکان می‌خورند، شاخه‌ها می‌شکنند و دودکش‌ها و سقف‌های خانه‌ها از جا کنده می‌شوند.

- نیروهای ۱۰ تا ۱۲: سرعت باد از ۸۸ کیلومتر (۵۵ مایل) در ساعت تا بیش از ۱۱۸ کیلومتر (۷۴ مایل) در ساعت می‌باشد. طوفان یا طوفان شدید وجود دارد. درخت‌ها از ریشه کنده می‌شوند و خرابی‌های گسترده ایجاد می‌شود.

جدول (۱- ۴) پارامترها و کلاسه‌بندی مربوط به حداکثر سرعت وزش باد محتمل

عنوان	رابطه یا توزیع مربوطه	معمولی	سنگین	فوق سنگین
حداکثر سرعت باد محتمل مناطق غیر مستعد سقوط درختان	توزیع گامبل با دوره بازگشت ۵۰ ساله	$S_w \le 50km/h$	$50 < S_w \le 87km/h$	$S_w > 87km/h$
حداکثر سرعت باد محتمل مناطق مستعد سقوط درختان	توزیع گامبل با دوره بازگشت ۵۰ ساله	$S_w \le 40km/h$	$40 < S_w \le 87km/h$	$S_w > 87km/h$



شکل (۱- ۸) پهنه‌بندی سرعت باد مرجع با توزیع گامبل ۵۰ ساله [۱۲]

۱-۷-۳- تعیین پارامترهای مؤثر و کلاسه‌بندی آن‌ها در مبحث ضخامت یخ

یخ جوی[۱]طیف وسیعی از سازه‌های ساخته شده دست بشر را در کشورهای مختلف تحت تاثیر قرار می‌دهد. سازه‌های قرار گرفته در بالای کوه‌ها در معرض یخ ناشی از برفک[۲]می‌باشند. همچنین بار یخ ناشی از باران یخ[۳]و یا برف مرطوب[۴]سازه‌های قرار گرفته در ترازهای ارتفاعی پایین‌تر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین سازه‌های قرار گرفته در معرض بار یخ، باید به گونه‌ای طراحی شوند که در مقابل این بارها مقاوم باشند. همچنین اثرات بار یخ بر بخش‌های مختلف سازه نیز باید مد نظر قرارگیرد. در شکل (۱- ۹) نمونه‌ای از تاثیر وجود یخ بر شبکه توزیع نشان داده شده است.

شکل (۱- ۹) تصویری از تاثیر یخ بر شبکه توزیع

دلایل شکل‌گیری یخ بر هادی‌های شبکه و افزایش وزن آن‌ها و البته سطح مؤثر در برابر وزش باد، متنوع هستند. در جدول (۱- ۵) این دلایل همراه با چگالی یخ ایجاد شده ارائه شده است. برخی از این پدیده‌ها برای شبکه توزیع رخ نمی‌دهد که در همین جدول به آن‌ها اشاره شده است.

---

[۱] Atmospheric icing

[۲] Rime icing

[۳] Freezing rain

[۴] Wet snow

جدول (۱- ۵) مشخصات یخ متداول

ردیف	نوع یخ	چگالی یخ kg/m3	شرایط ایجاد
۱	باران یخ	۷۰۰-۹۰۰	تغییرات درجه حرارت با لایه ذوب شدگی نزدیک به سطح زمین باعث شکل گیری باران یخ می‌شود.
۲	برف مرطوب	۱۰۰-۶۰۰	برف مرطوب در مناطقی که بارش‌ها در دمای کمتر از نقطه انجماد رخ می‌دهد، بسیار شدید می‌باشد.
۳	برفک سخت یا یخی	۳۰۰-۷۰۰	اگر شبکه درون ابرهای با قطرات آب سرد قرار بگیرد، امکان ایجاد آن وجود دارد.
۴	برفک نرم	۱۵۰-۳۰۰	در اثر تبدیل برفک سخت ایجاد می‌شود.
۵	برفک خشک	۵۰-۱۰۰	بارش برف خشک
۶	برفک یا شبنم یخ زده شیری رنگ	۱۰۰>	در شبهای زمستانی سرد در مناطق نزدیک به آب‌های باز رخ می‌دهد.

اگر در پایین‌ترین لایه موجود در سطح زمین وارونگی درجه حرارت رخ دهد به گونه‌ای که با افزایش ارتفاع درجه حرارت افزایش یابد، در شرایطی که درجه حرارت سطح زمین کمتر از درجه حرارت نقطه انجماد باشد و درجه حرارت در بالای لایه‌ای که وارونگی بوجود آمده است بالاتر از نقطه انجماد باشد، یک لایه در بالای لایه سرد سطحی ایجاد می‌شود که در آن برف بارش شده ذوب می‌گردد. در صورتی که درجه حرارت بالای لایه وارونگی به اندازه کافی زیاد باشد و عمق لایه ذوب شدگی نیز کافی باشد، کل برف در هنگام عبور از لایه ذوب شدگی، ذوب می‌گردد. در باران یخ، قطرات مایع آب هنگامی که از یک لایه بسیار سرد عبور می‌نمایند، درجه حرارت آن‌ها بسیار پایین می‌آید. این قطرات تا قبل از برخورد به یک شی به حالت مایع باقی می‌مانند ولی بلافاصله پس از برخورد، تبدیل به یخ می‌شوند و تشکیل باران یخ می‌دهند. این پدیده یکی از سنگین‌ترین بارهای ناشی از یخ را ایجاد می‌کند و از چگال‌ترین آن‌هاست.

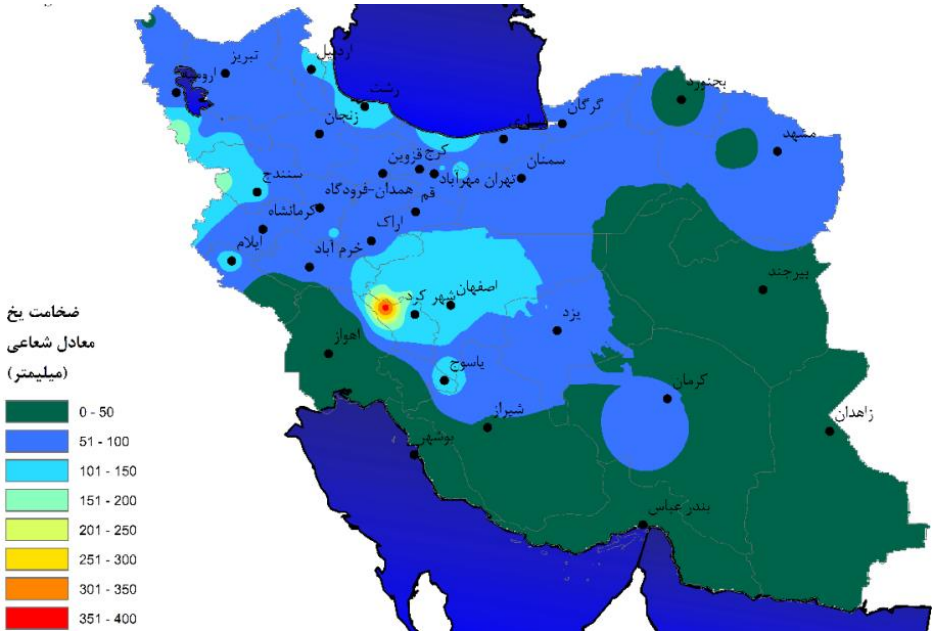
برای سازه‌هایی که در مناطق کوهستانی و یا در ترازهای ارتفاعی بالاتر از تراز پایه ابرها قرار دارند، معمولاً بار یخ ناشی از برفک یخی باعث تشکیل شدن برفک نرم با چگالی حدود ۳۰۰ تا ۶۰۰ kg/m^3 می‌شود، این در حالی است که برای همین سازه‌ها، بارش‌های جوی (که نسبتاً بیشتر رخ می‌دهند) باعث به وجود آمدن برفک سخت و یا باران یخ با چگالی حدود ۶۰۰ تا ۹۰۰ kg/m^3 می‌شود. بنابراین در طراحی این سازه‌ها نیز بار یخ ناشی از برفک یخی کنترل‌کننده نمی‌باشد. به این ترتیب مشکل بودن شبیه‌سازی و محاسبات مربوط به ایجاد برفک یخی مشکلی در محاسبات ایجاد نمی‌کند.

به منظور پرهیز از پیچیده شدن موضوع و نیاز به شبیه‌سازی‌های زیاد و جمع‌آوری اطلاعات فراوان، شاخص یخ منطقه[1] به عنوان یک شاخص معتبر و اندازه‌گیری شده می‌تواند مبنای عمل طراحان قرار گیرد. این شاخص بر اساس استاندارد ISO12494 با عنوان "طبقه یخ[2]" تعریف می‌شود. شاخص یخ منطقه یا S_n بر اساس تعداد تکرار، دوره و شدت یخ‌زدگی در جدول (۱- ۶) ارائه شده است.

جدول (۱- ۶) کلاسه بندی شاخص یخ منطقه

شاخص یخ منطقه	کلاسه بندی پیشنهادی	مقدار یخ (cm^2/hr)	تعداد روزهای با یخ جوی در سال	درصد زمان سال با وجود یخ جوی
S5	فوق سنگین	بزرگتر از ۵۰	بیشتر از ۶۰ روز	بیش از ۲۰ درصد
S4	سنگین	بزرگتر از ۲۵	بیش از ۳۰ روز	بیش از ۱۰ درصد
S3,S2,S1	معمولی	کمتر از ۲۵	کمتر از ۳۰ روز	کمتر از ۱۰ درصد

برای تعیین مقادیر فوق نیز از توزیع گامبل با دوره بازگشت ۵۰ ساله و اطلاعات ماکزیمم سالیانه مراکز هواشناسی می‌توان استفاده نمود. به این ترتیب بایستی شرایط شاخص یخ منطقه را خصوصاً در مناطق سردسیر و کوهستانی به درستی بررسی نمود. در شکل (۱- ۱۰) نمونه نقشه پهنه‌بندی ضخامت یخ معادل شعاعی با دوره بازگشت ۵۰ ساله ارائه شده است.



شکل (۱- ۱۰) ضخامت یخ معادل شعاعی با دوره بازگشت ۵۰ ساله [۱۲]

[1] Site Icing Index

[2] Ice class

۱-۷-٤- کلاسه‌بندی ترکیبی اطلاعات باد و یخ و دما

یکی از متداول ترین روش‌های کلاسه‌بندی و تعیین پهنه‌های آب و هوایی در محاسبات مکانیکی شبکه هم در شبکه انتقال و هم در شبکه توزیع، کلاسه‌بندی ترکیبی پارامترهای باد، دما و قطر یخ می‌باشد. در شکل (۱- ۱۱) نمونه‌ای از تاثیر همزمان پدیده قطر یخ و باد بر شبکه نشان داده شده است. جدول (۱- ۷) چگونگی پهنه‌بندی سه پارامتر باد، قطر یخ و حداقل دما به صورت همزمان را نشان می‌دهد. این شیوه از پهنه‌بندی در NESC نیز پیشنهاد شده است.

شکل (۱- ۱۱) تصویری از تاثیر باد و یخ ترکیبی بر شبکه توزیع

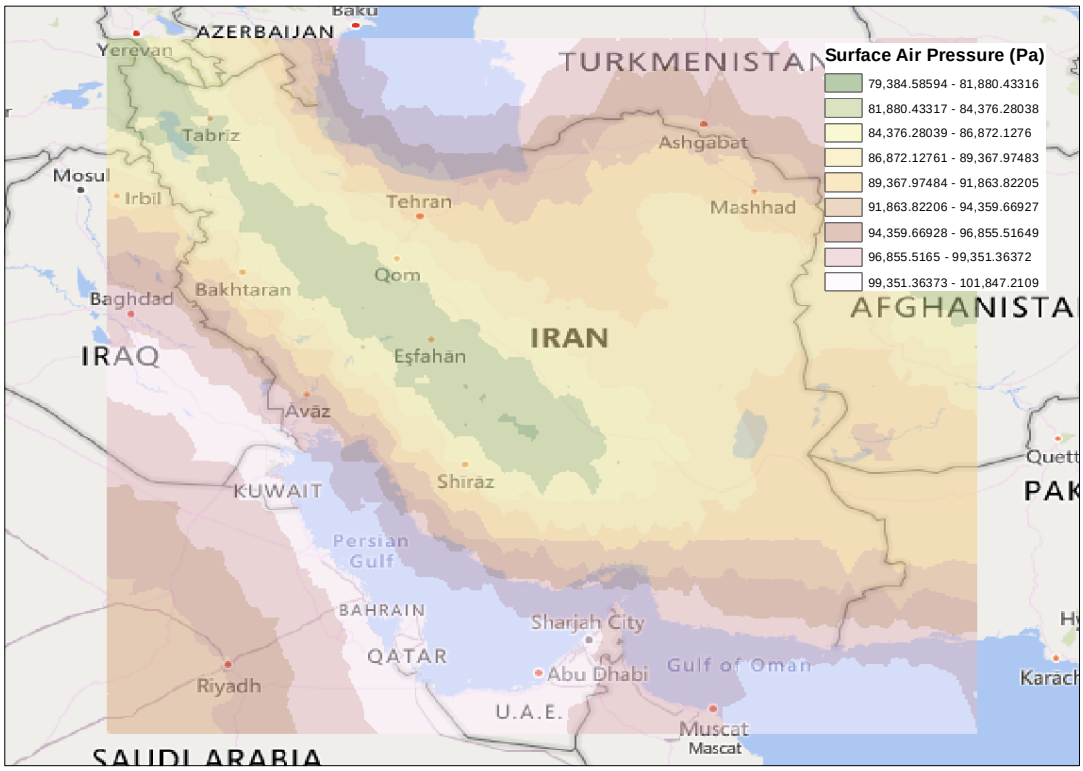
جدول (۱- ۷) کلاسه بندی پارامترهای باد، دما و ضخامت یخ به صورت ترکیبی

منطقه	نوع بارگذاری			درجه حرارت (°C)	ضخامت یخ (mm)	باد (m/s)	ثابت (kg/m)
سبک	بارگذاری متعادل	استاندارد	باد متوسط	۱۵	۷	۲۸	
			NESC-Light	-۱	۶/۵	۱۷/۸	۰/۲۵
		حدی	باد شدید	۰		۴۰	
			یخ و باد	-۵	۶	۲۲	
	بارگذاری غیر متعادل		بار طولی نامتعادل - پارگی سیم در باد شدید	۰		۴۵	
			بار طولی متعادل	-۵	۶	۲۲	
			یخ و باد در یکطرف اسپان				
			باد بدون یخ در طرف دیگر				
			شرایط EDS	۲۵			
			حداقل درجه حرارت	-۵			
			حداکثر درجه حرارت	۵۵-۵۰			
متوسط		استاندارد	یخ و باد متوسط	-۱۰	۷	۲۵	
			NESC-MEDIUM	-۱۰	۶/۵	۱۷/۸	۰/۲۵

منطقه	نوع بارگذاری			درجه حرارت (°C)	ضخامت یخ (mm)	باد (m/s)	ثابت (kg/m)
	بارگذاری متعادل	حدی	باد شدید	۱۵		۴۰	
			یخ سنگین	-۵	۱۵		
	بارگذاری غیر متعادل		بار طولی نامتعادل - پارگی سیم در یخ سنگین	-۵	۱۵		
			بار طولی متعادل	-۱۰	۷	۲۵	
			یخ و با در یکطرف اسپان				
			باد بدون یخ در طرف دیگر				
			شرایط EDS	۲۰			
			حداقل درجه حرارت	-۲۰			
			حداکثر درجه حرارت	۴۵-۵۰			
سنگین	بارگذاری متعادل	استاندارد	باد متوسط	-۲۰	۱۵	۲۰	
			NESC-HEAVY	-۲۰	۱۲/۵	۱۷/۸	۰/۴۵
		حدی	باد شدید	۱۵		۴۰	
			یخ و باد	-۵	۲۰-۲۵		
	بارگذاری غیر متعادل		بار طولی نامتعادل - پارگی سیم در باد شدید	-۵	۱۵		
			بار طولی متعادل:	-۲۰			
			یخ و با در یکطرف اسپان				
			باد بدون یخ در طرف دیگر				
			شرایط EDS	۱۸			
			حداقل درجه حرارت	-۲۵			
			حداکثر درجه حرارت	۳۵-۴۰			
فوق سنگین	بارگذاری متعادل	استاندارد	یخ و باد متوسط	-۲۰	۲۰	۲۰	
		حدی	باد شدید	۱۵		۴۰	
			یخ سنگین	-۵	۳۰-۵۰		
	بارگذاری غیر متعادل		بار طولی نامتعادل - پارگی سیم در یخ سنگین	-۵	۳۰-۵۰		
			بار طولی متعادل:	-۲۰	۲۰	۲۰	
			یخ و با در یک طرف اسپان				
			باد بدون یخ در طرف دیگر				
			شرایط EDS	۱۵			
			حداقل درجه حرارت	-۳۰			
			حداکثر درجه حرارت	۳۰			

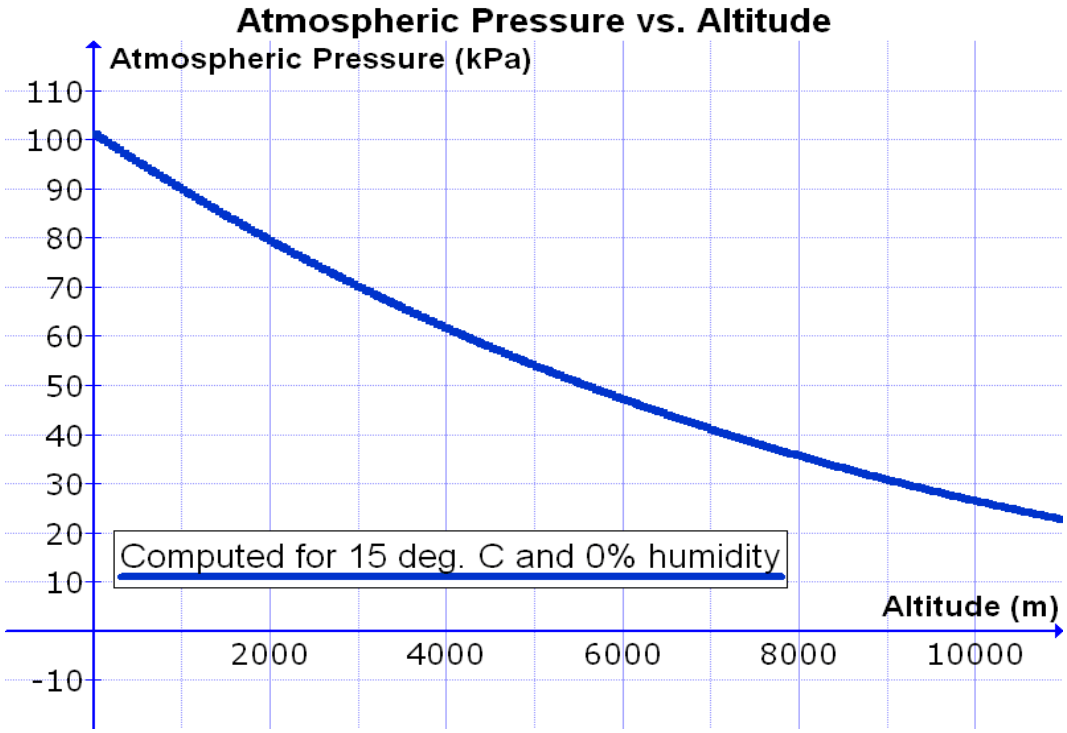
۱-۷-۵- کلاسه‌بندی پارامتر فشارهوا

فشار اتمسفر نیرویی است که در هر نقطه برحسب وزن ستونی از هوا که در بالای آن نقطه وجود دارد، بر سطح وارد می‌شود. این فشار در سطح آب‌ها و دریاهای آزاد در حدود ۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است. با افزایش ارتفاع از سطح زمین، به‌دلیل کاسته شدن ارتفاع ستون هوای قرارگرفته در بالای سطح، فشار جو کاهش می‌یابد. شکل (۱- ۱۲) نتیجه پهنه‌بندی بر اساس فشار سطحی هوا در ایران را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، مناطق دارای ارتفاع از سطح دریای بالاتر، دارای فشار هوای کمتری می‌باشند.



شکل (۱- ۱۲) نقشه پهنه‌بندی فشارهوای سطحی بر حسب پاسکال [۱۲]

بر اساس استاندارد IEC60076-7 پارامتر فشارهوا بر انتخاب برخی از تجهیزات شبکه قدرت و میزان بارگذاری مجاز آن‌ها نظیر ترانسفورماتورهای پست‌های فوق‌توزیع و ترانسفورماتورهای پست‌های توزیع اثرگذار است. با افزایش ارتفاع از سطح دریا، فشارهوا کاسته می‌شود و به همین دلیل میزان بارگذاری مجاز ترانسفورماتورها در مناطق با ارتفاع از سطح دریای بیشتر، کمتر است. منحنی تغییرات فشار هوا بر اساس ارتفاع در شکل (۱- ۱۳) نشان داده شده است. اعمال این پارامتر به صورت یک متغیر پیوسته در محاسبات تعیین ظرفیت بهینه پست‌های توزیع میسر است. اما اگر بخواهیم کلاسه‌بندی مناسبی برای این پارامتر ارائه دهیم، جدول (۱- ۸) قابل ارائه خواهد بود.



شکل (۱- ۱۳) منحنی رابطه فشار هوا و ارتفاع از شطح دریا

جدول (۱- ۸) کلاسه‌بندی پارامتر فشار سطحی هوا بر حسب کیلو پاسکال

کلاسه‌بندی پیشنهادی	معمولی	کم	خیلی کم
بر اساس ارتفاع از سطح دریا (متر)	کمتر از ۱۰۰۰ متر	بین ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر	بیشتر از ۳۰۰۰ متر

۱-۷-٦- کلاسه‌بندی پارامتر رعد و برق

پارامتر رعد و برق یکی از پارامترهای مهم و مؤثر در طراحی شبکه توزیع برق است. با وجود آنکه برای تأمین برق مطمئن و پایدار در حالت عادی نیز برگیرها تقریباً در تمامی طول شبکه و در نقطه اتصال به شبکه تمامی پست‌های توزیع مشاهده می‌شوند، اما این روال متداول در طراحی شبکه توزیع، تأمین‌کننده نیازهای طراحی در مناطق اضطراری و خطرناک از دید پارامتر رعد و برق نیست. رعد و برق در تعیین مشخصات برگیرها اثرگذار هستند. علاوه بر این اجرای ارت و همچنین سیم گارد و برگیرهای ویژه می‌تواند در مناطق مستعد این پدیده پیشنهاد شود.

۱-۷-٦-۱- چگونگی وقوع پدیده رعد و برق

با باردار شدن ابر و با توجه به بار ابر و ظرفیت بین ابر و زمین، ولتاژی فشار قوی بین ابر و زمین بوجود می‌آید که ممکن است به چندین میلیون ولت برسد. چنانچه شدت میدان الکتریکی بین زمین و ابر به اندازه کافی بزرگ باشد،

هوا در یک نقطه از سطح ابر شروع به یونیزاسیون نموده و در اثر یونیزاسیون، هوا به صورت یک گاز هادی در می‌آید و الکترود میله‌ای را تشکیل می‌دهد. مسیر یونیزه شدن هوا را کانال هادی می‌گویند. رشد این کانال با مدت زمانی در حدود ۰/۲ میکروثانیه و با توقف‌های کوتاهی در حدود ۱۵ تا ۱۰۰ میکروثانیه انجام می‌شود. کانال هادی پس از هر توقف، مسیر خود را بسته به شرایط موجود، تعیین می‌کند و لذا مسیر کانال هادی شاخه به شاخه می‌شود. نزدیک‌ترین شاخه به الکترودهای تیز و بلند مانند درختان، ساختمان‌ها، خطوط و پست‌های انتقال برق موجب می‌شود شدت میدان بزرگی در حد یونیزاسیون هوا در نوک آن‌ها ایجاد شود و در نتیجه یک کانال هادی نیز از این نقاط به طرف کانال هادی پایین آمده، صعود می‌کند. در لحظه‌ای که این دو کانال به یکدیگر می‌رسند، یک مسیر هادی بین ابر و زمین به وجود می‌آید که از این مسیر جریان الکتریکی شدیدی ۲ تا ۳۰۰ کیلوآمپر عبور می‌کند. لذا بررسی تعداد صاعقه‌های احتمالی در محلی که پست یا خطوط انتقال قرار دارد و یا قرار است در آنجا احداث گردد، از مراحل مهم در طراحی سیستم‌های حفاظتی در برابر صاعقه است که با استفاده از شاخص‌ها و مفاهیمی چون سطح کرونیک، خطوط ایزوکرونیک و چگالی صاعقه، این امر تحقق می‌یابد.

۱-۷-۶-۲- ارزیابی وقوع رعد و برق

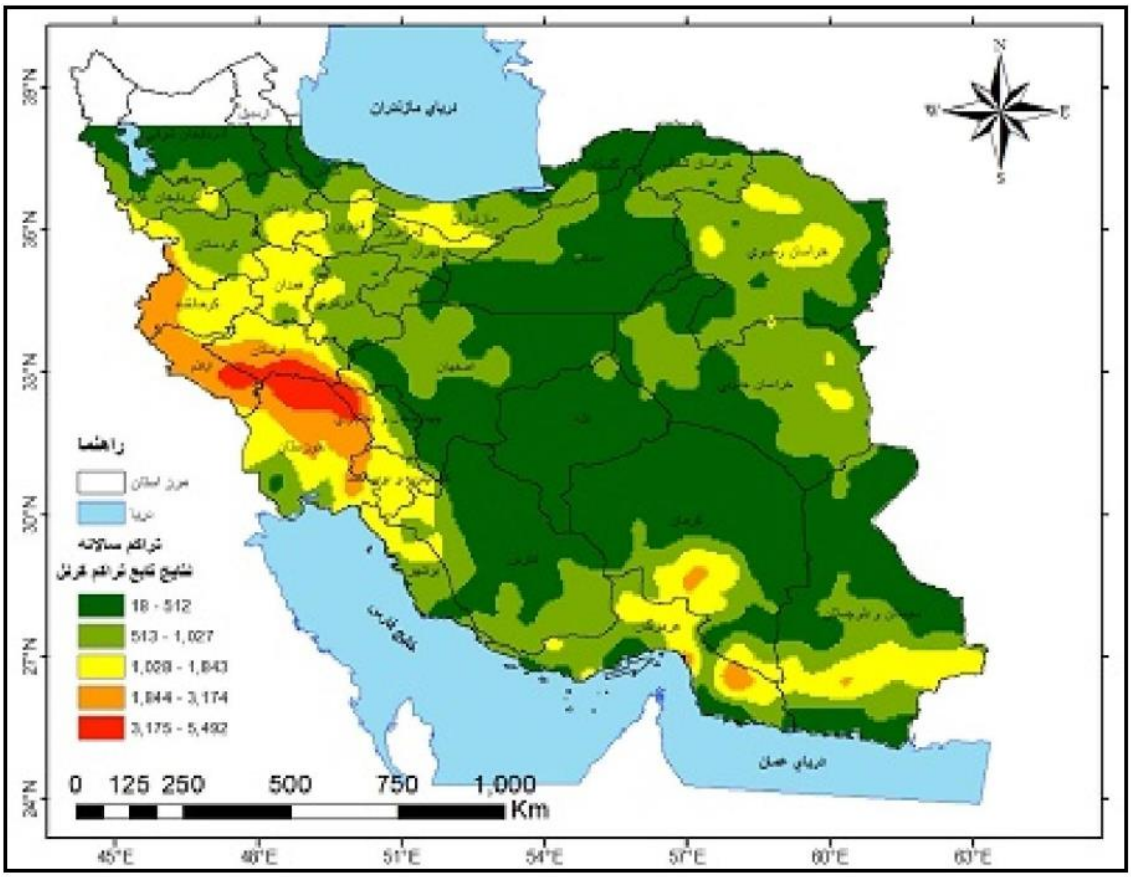
فعالیت‌های رعد و برقی در مقیاس‌های زمانی و مکانی خیلی متغیر هستند و تا حدی به فعالیت‌های همرفتی محلی بستگی دارند. از طرفی در ایستگاه‌های سینوپتیک فراوانی این پدیده ثبت نمی‌شود. از این رو محاسبه دقیق فراوانی و پراکنش فعالیت‌های رعد و برقی با این داده‌ها امکانپذیر نیست، به همین دلیل در بعضی از کشورها شبکه تشخیص رعد و برق زمینی نصب شده است اما در ایران چنین شبکه‌ای وجود ندارد و بهترین روش برای تعیین فراوانی و پراکنش این پدیده، استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای است. ماهواره‌ها توسط سنسورهای مخصوص می‌توانند فعالیت‌های رعد و برقی را در یک مقیاس بزرگ و با دقت بالایی اندازه‌گیری کنند. از مهمترین سنسورهای رعد و برق می‌توان به سنسور OTD[۱] و LIS[۲] اشاره نمود [۱۴].

پژوهش‌های انجام شده نیز عموماً مربوط به روزهای همراه با توفان تندری است که با کدهای مربوط به توفان تندری در ساعات مختلف انجام شده‌اند. از آنجا که برای هر ایستگاه ثبت‌کننده تندر، روز رعد و برقی روزی است که حداقل یک رعد و برق مشاهده و ثبت شده باشد، بنابراین یک روز همراه با توفان تندری می‌تواند دارای یک رعد و برق و یا صدها رعد و برق باشد. از طرفی فاصله‌ای که رعد شنیده می‌شود بین ۸ تا ۲۰ کیلومتر از ایستگاه

[۱] Optical Transient Detector

[۲] Lightning Imaging Sensor

است در مناطقی که ایستگاه وجود ندارد و یا فاصله ایستگاه‌ها بیشتر از ۲۰ کیلومتر است صدای رعد نیز شنیده نمی‌شود. از این رو با استفاده از این داده‌ها نمی‌توان به مطالعه پراکنش رعد و برق‌ها پرداخت. در این پروژه استفاده از داده‌های سنسور LIS یا موارد مشابه برای آنالیز پراکنش و تراکم سالانه و چرخه روزانه رعد و برق‌ها پیشنهاد شده است و رابطه فراوانی رعد و برق ها با ارتفاع از تراز دریا نیز می‌تواند در نظر گرفته شود. ضریب کارایی سنجنده LIS در روز بالای ۷۰ درصد و در شب بیش از ۹۰ درصد است. در شکل (۱- ۱۴) نمونه‌ای از پهنه‌بندی پدیده رعد و برق بر اساس تعداد وقوع آن در سال در نقاط مختلف کشور برگرفته از اطلاعات سنسور LIS ارائه شده است. این پهنه‌بندی بر اساس ماه‌های مختلف سال و ساعات مختلف شبانه روز نیز قابل ارائه است[۱۴].



شکل (۱- ۱۴) نمونه نقشه پهنه‌بندی تعداد وقوع رعد و برق بر اساس LIS [۱۴]

۱-۷-٦-۳- سطح کرونیک

تعداد متوسط روزها یا ساعاتی از سال که رعد و برق در یک مکان مشخص به وقوع می‌پیوندد را سطح کرونیک می‌نامند. سطح کرونیک به دو گونه زیر تقسیم بندی می‌شود:

- سطح کرونیک روزانه: تعداد متوسط روزهایی از سال که رعد و برق در یک دوره ۲۴ ساعته مشاهده می‌گردد.
- سطح کرونیک ساعتی: تعداد متوسط ساعت‌هایی از سال، که رعد و برق در یک دوره ۶۰ دقیقه مشاهده می‌گردد.

سطح کرونیک به صورت تعداد متوسط روزها یا ساعات رعد و برقی در سال برای یک مکان ویژه تعریف می‌گردد. سطح کرونیک روزانه که سطح رعد و برق روزانه نیز نامیده می‌شود، عبارت است از تعداد متوسط روزهایی از سال که رعد و برق در یک دوره ۲۴ ساعته در آن روزها مشاهده می‌گردد. در این تعریف، اگر رعد و برق در یک روز بیش از چند بار هم مشاهده گردد، آن روز همچنان براساس یک روز رعد و برقی طبقه‌بندی می‌شود. سطح کرونیک ساعتی که سطح رعد و برق ساعتی نیز نامیده می‌شود عبارت است از تعداد متوسط ساعت‌هایی از سال که رعد و برق در یک دوره ۶۰ دقیقه ای در آن ساعات مشاهده می‌گردد. در این تعریف، اگر رعد و برق در یک ساعت بیش از چند بار هم مشاهده گردد، آن ساعت همچنان براساس یک ساعت رعد و برقی طبقه‌بندی می‌شود. این طبقه‌بندی از سطوح کرونیک، اطلاعات جامع‌تری از چگالی صاعقه در یک سطح معین را ارائه می‌دهد.

۱-۷-٦-٤- پهنه‌بندی پارامتر رعد و برق

چنانچه نقاط روی یک نقشه جغرافیایی را که دارای سطح کرونیک یکسانی هستند به هم متصل کنیم، از اتصال این نقاط، خطوطی حاصل می‌شود که آن‌ها را خطوط ایزوکرونیک می‌نامند.

طبقه‌بندی سطوح ایزوکرونیک در مناطق مختلف کشور در نشریه "طبقه‌بندی شرایط محیطی و اقلیمی" بررسی شده است. بر اساس آمارهای هواشناسی ثبت شده، تعداد روزهای رعد و برقی برای برخی از شهرهای کشور مطابق جدول (۱- ۹) است.

جدول (۱- ۹) تعداد روزهای رعد و برقی در سال در برخی از شهرهای ایران

ردیف	نام شهر	تعداد روزهای رعد و برقی	ردیف	نام شهر	تعداد روزهای رعدوبرقی	ردیف	نام شهر	تعداد روزهای رعدوبرقی
۱	آبادان	۱۳	۳۲	تهران	۱۵	۶۳	فسا	۷
۲	آباده	۷	۳۳	جاسک	۱	۶۴	فیروزکوه	۹
۳	آبعلی	۲۰	۳۴	جزیره‌ابوموسی	۷	۶۵	قزوین	۳۱
۴	آستارا	۲۲	۳۵	جزیره کیش	۱۱	۶۶	قم	۵
۵	اراک	۱۲	۳۶	جزیره سیری	۵	۶۷	قوچان	۱۳
۶	اردبیل	۱۷	۳۷	چابهار	۷	۶۸	کاشمر	۸
۷	اردستان	۴	۳۸	خاش	۱۱	۶۹	کرمان	۶
۸	ارومیه	۲۷	۳۹	خرم‌آباد	۲۴	۷۰	کرمانشاه	۱۶
۹	اسلام‌آبادغرب	۱۹	۴۰	خوی	۳۲	۷۱	گرگان	۲۰
۱۰	اصفهان	۶	۴۱	داراب	۱۳	۷۲	گرمسار	۸
۱۱	اهر	۳۳	۴۲	دزفول	۲۵	۷۳	گلمکان	۷
۱۲	اهواز	۲۲	۴۳	رامسر	۱۶	۷۴	گناباد	۸
۱۳	ایرانشهر	۱۹	۴۴	رامهرمز	۱۲	۷۵	گنبدکاووس	۴
۱۴	ایلام	۲۷	۴۵	رشت	۲۳	۷۶	لار	۱۲
۱۵	بابلسر	۸	۴۶	رفسنجان	۶	۷۷	ماکو	۵
۱۶	بافت	۷	۴۷	زابل	۷	۷۸	مراغه	۱۹
۱۷	بجنورد	۱۹	۴۸	زاهدان	۱۲	۷۹	مریوان	۲۵
۱۸	بروجرد	۱۵	۴۹	زنجان	۳۳	۸۰	مسجدسلیمان	۲۱
۱۹	بم	۱	۵۰	ساوه	۸	۸۱	مشهد	۱۵
۲۰	بندرانزلی	۲۵	۵۱	سبزوار	۱۳	۸۲	ملایر	۱۵
۲۱	بندرعباس	۱۶	۵۲	سراب	۳۵	۸۳	منجیل	۲۲

ردیف	نام شهر	تعداد روزهای رعد و برقی	ردیف	نام شهر	تعداد روزهای رعدوبرقی	ردیف	نام شهر	تعداد روزهای رعدوبرقی
۲۲	بندرلنگه	۵	۵۳	سرخس	۵	۸۴	مهاباد	۳
۲۳	بندرماهشهر	۱۷	۵۴	سقز	۱۵	۸۵	میانه	۲۳
۲۴	بهبهان	۱۵	۵۵	سمنان	۱۱	۸۶	میناب	۵
۲۵	بوشهر	۲۵	۵۶	سنندج	۱۸	۸۷	نایین	۳
۲۶	بیجار	۱۶	۵۷	شاهرود	۱۹	۸۸	نهبندان	۷
۲۷	بیرجند	۱۵	۵۸	شوشتر	۱۳	۸۹	نیشابور	۱۵
۲۸	تبریز	۳۴	۵۹	شهرکرد	۱۴	۹۰	همدان	۱۱
۲۹	تربت‌جام	۹	۶۰	شیراز	۱۷	۹۱	یاسوج	۲۴
۳۰	تربت‌حیدریه	۱۱	۶۱	طبس	۱۰	۹۲	یزد	۶
۳۱	تکاب	۹	۶۲	فردوس	۷			

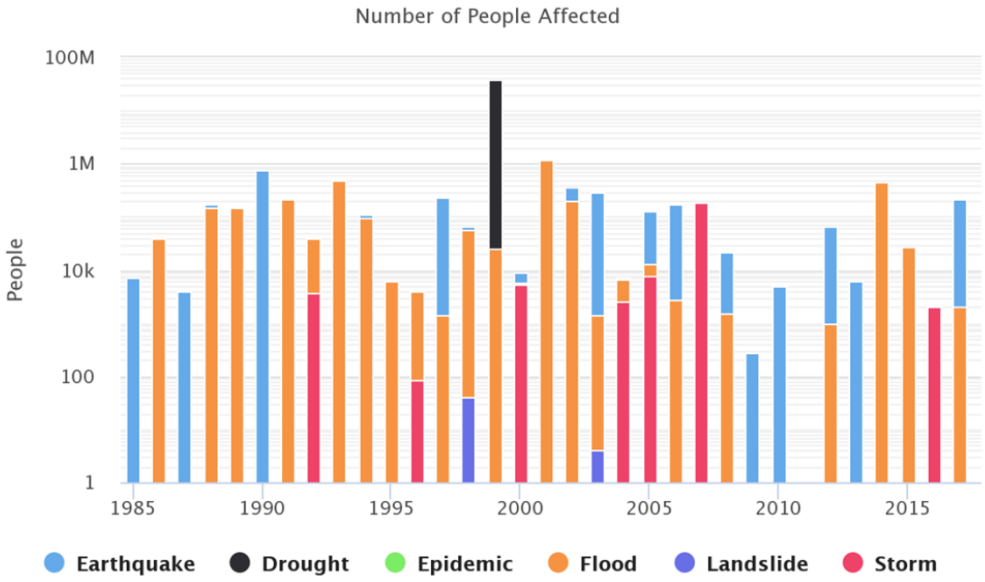
برای تولید نقشه پهنه‌بندی مخاطرات ناشی از رعد و برق، دو موضوع شدت رعد و برق و تعداد وقوع آن در سال می‌تواند مبنای عمل باشد. چگونگی اعمال دوره بازگشت ۵۰ ساله و پهنه‌بندی و تولید نقشه‌های مربوطه نیز مشابه با دیگر پدیده‌های اقلیمی با آنالیز مقادیر حدی می‌باشد. کلاسه‌بندی این پارامتر بر اساس هر دو شاخص فوق در جدول (۱- ۱۰) پیشنهاد شده است. در میان این دو شاخص، شدت رعد و برق از اهمیت بالاتری برخوردار است و می‌توان کلاسه‌بندی ترکیبی نیز ارائه نمود.

جدول (۱- ۱۰) کلاسه‌بندی پارامتر رعد و برق

عنوان	رابطه یا توزیع مربوطه	معمولی	سنگین	فوق سنگین
شدت رعد و برق	توزیع گامبل با دوره بازگشت ۵۰ ساله	کمتر از ۱۰کیلوآمپر	۱۰ تا ۱۶ کیلوآمپر	بیشتر از ۱۶ کیلوآمپر
تعداد روزهای وقوع در سال	توزیع گامبل با دوره بازگشت ۵۰ ساله	کمتر از ۱۰ روز	۱۰ تا ۱۵ روز	بیش از ۱۵ روز

۱-۷-۷- کلاسه‌بندی پارامتر سیل

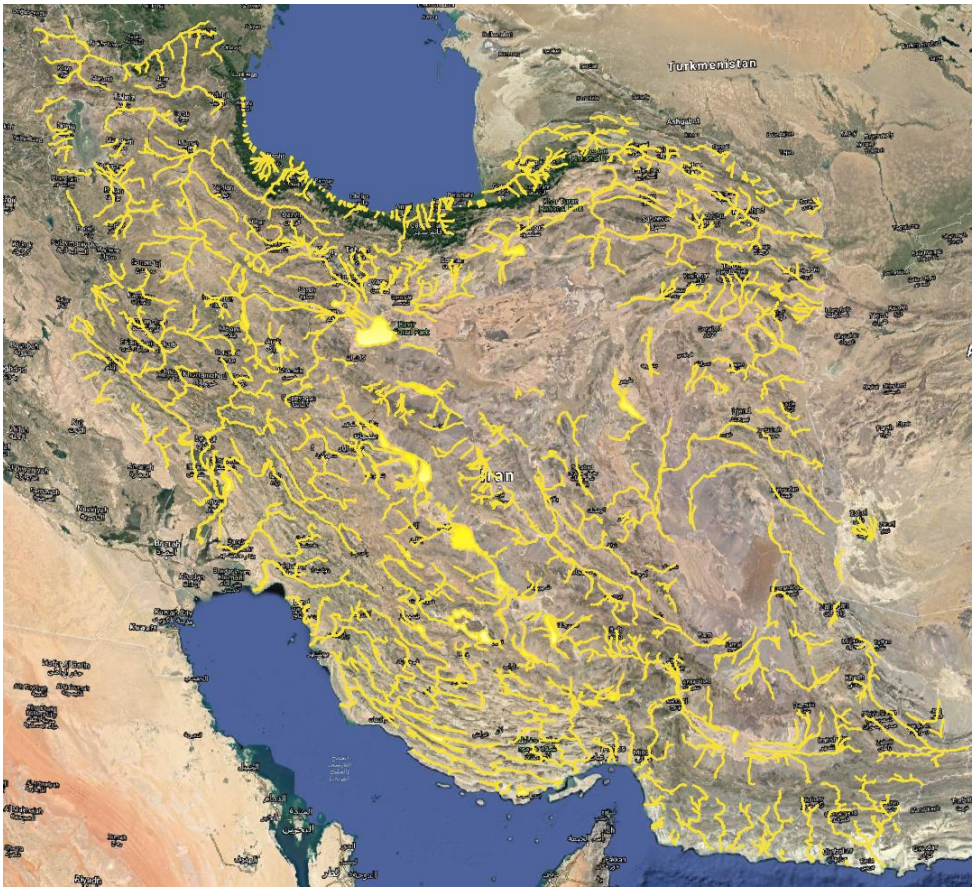
همانطور که در شکل (۱- ۱۵) مشاهده می‌شود، یکی از مخاطراتی که سالانه باعث خسارات زیادی به شبکه توزیع برق کشور می‌شود، پدیده سیل است. به دلیل شرایط آب و هوایی کشور و کمبود پوشش گیاهان و بارش‌های سیل‌آسایی که در نقاط مختلف کشور کم و بیش رخ می‌دهد، این پدیده یکی از پدیده‌های مهم و اثرگذار در طراحی شبکه توزیع است. طراحی شبکه در مسیرهای پرخطر، تعیین اسپن مناسب، فونداسیون و ارتفاع مناسب شبکه، استفاده از آرایش‌های ویژه و بسیاری موارد دیگر از جمله مواردی است که با لحاظ کردن پدیده سیل می‌توان آن‌ها را با ضریب اطمینان بیشتری تعیین نمود.



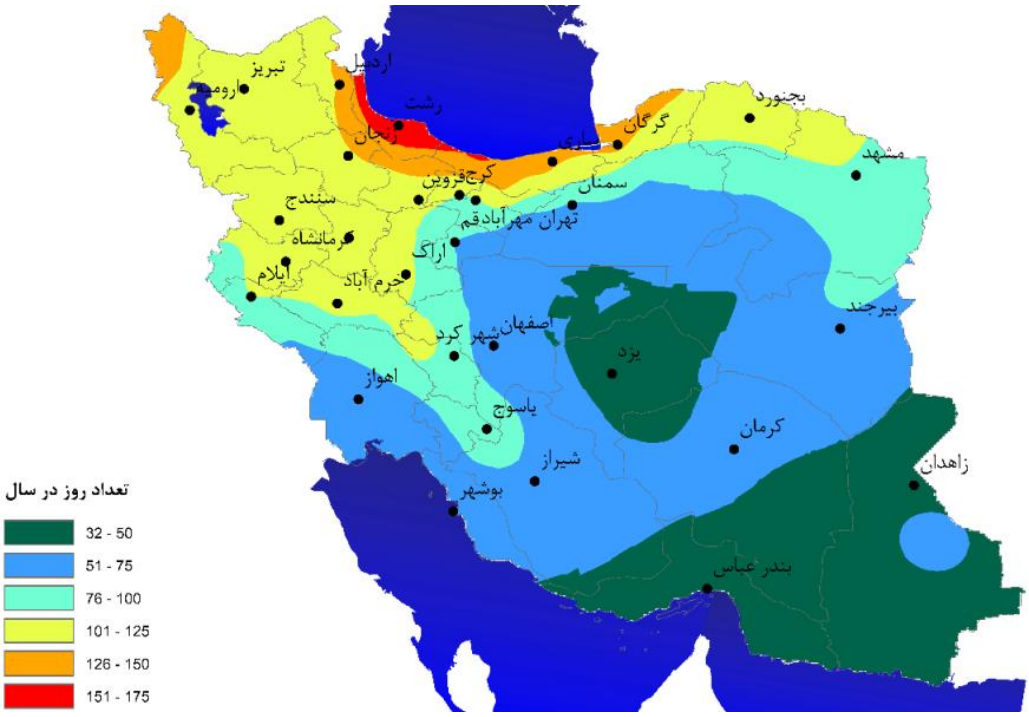
شکل (۱- ۱۵) مخاطراتی که بیش از سایرین بر مردم ایران اثرگذار بوده اند از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸ [۱۲]

پدیده سیل به میزان بارش باران، وضعیت شیب سطح زمین، مسیل‌های موجود، رودخانه‌ها و جنس خاک و پوشش گیاهی مرتبط است. مهمترین اطلاعاتی که برای جلوگیری از آسیب به شبکه توزیع از طریق سیل می‌توان از آن استفاده نمود، اطلاعات مسیر سیلاب‌ها است. مسیر سیلاب‌ها در نقاط مختلف کشور در شکل (۱- ۱۶) نشان داده شده است.

شبکه بایستی در فاصله ایمن از مسیر سیلاب‌ها قرار داشته باشد. فاصله ایمن از مسیر سیلاب بر اساس آیین‌نامه مربوط به بستر و حریم رودخانه‌ها، نهرها، مسیل‌ها، مرداب‌ها، برکه‌های طبیعی و شبکه‌های آبرسانی، آبیاری و زهکشی مصوب سال ۱۳۷۹ تا بیست متر از کناره آن‌ها تعیین شده است که لازم است در طراحی شبکه به آن توجه ویژه‌ای صورت گیرد. این موضوع خصوصاً در مناطقی از کشور که خطر وقوع سیل در آن‌ها بیشتر است و سابقه سیل در آن‌ها وجود داشته و مسیل مزبور متروکه نیست، لازم است رعایت شود.



شکل (۱- ۱۶) مسیر سیلاب‌ها در نقاط مختلف کشور



شکل (۱- ۱۷) پهنه‌بندی بر اساس تعداد روز بارانی در سال با دوره بازگشت ۵۰ ساله [۱۲]

با توجه به توضیحات فوق، ارائه کلاسه‌بندی برای پارامتر سیل بر اساس فاصله مجاز از مسیل قابل طرح است. تعیین حریم مجاز بین ۱ تا ۲۰ متر برعهده وزارت نیرو است و می‌توان متناسب با شرایط آبراه و سابقه وقوع سیل و وضعیت بالادست و موانع مسیر برای آن تصمیم‌گیری نمود. کلاسه‌بندی پیشنهادی در جدول (۱- ۱۱) ارائه شده است.

جدول (۱- ۱۱) نتیجه کلاسه‌بندی حریم مسیل‌ها برای پارامتر سیل

عنوان	معمولی	حساس	خطرناک
کلاسه‌بندی حریم مسیل	در بالادست سد وجود دارد یا مسیل متروکه است. ۵ متر	بالادست سد وجود ندارد اما مسیر لایروبی شده و سابقه سیل شدید و خروج از مسیل در منطقه وجود ندارد. ۱۰ متر	بالادست بدون سد، مسیر لایروبی نشده و منطقه سیل‌خیز است. ۲۰ متر

۱-۷-۸- کلاسه‌بندی شرجی یا رطوبت بالای هوا

شرجی یا رطوبت هوا خصوصاً در میزان فرسودگی شبکه هوایی و هم در اثر منفی گرد و غبار هوا و چسبندگی آن‌ها به مقره‌ها به شدت اثرگذار است. رطوبت هوا اگر شدید نباشد، نیاز به اعمال تغییری در طرح‌ها و انتخاب تجهیزات نخواهد بود؛ اما در مناطقی که تعداد روزهای شرجی زیادی دارند، بایستی در انتخاب هادی‌ها و مقره‌ها تدابیر لازم اندیشیده شود.

شاخص مورد استفاده برای ارزیابی شرجی بودن هوا، شدت شرجی در نظر گرفته شده است. بر اساس شاخص شدت شرجی، سواحل جنوب و سپس سواحل شمال کشور، بیشترین فراوانی، تداوم و شدت شرجی را دارند. اما در سایر نقاط کشور شرایط شرجی حاکم نیست و به طور میانگین حتی یک روز با شرایط شرجی مشاهده نمی‌شود. در سواحل جنوب، به دلیل حاکمیت پرفشار آزور، وضعیت شرجی زودتر از سایر نقاط کشور، در روز ۱۴ فروردین آغاز می‌شود و با تداوم ۷ ماه و ۱۱ روز، در ۲۵ آبان خاتمه می‌یابد. اما در سواحل شمالی کشور، با یک تأخیر ۴۸روزه، از ۱خرداد آغاز و با تداوم تقریبی ۴ ماه و ۱۹ روز، در ۲۰ مهر خاتمه می‌یابد. بندر چابهار در ساحل دریای عمان با ۲۹۱ روز شرجی که ۱۶۰ روز آن وضعیت شرجی بسیار شدید است، بالاترین و بندر آستارا در سواحل خزر با ۱۲۶ روز پایین‌ترین تعداد روزهای شرجی را دارا هستند. در سواحل شمالی، وضعیت شرجی بسیار شدید دیده نمی‌شود. ترکیب اثر رطوبت و دما پدیده‌ی اقلیمی شرجی را به وجود می‌آورد. شدت شرجی با افزایش نم نسبی افزایش و با کاهش دما کم می‌شود.

رابطه (۱ – ۸) فاصله از مرز شرجی را نشان می‌دهد و در آن مقادیر مثبت، نشانگر وضعیت شرجی و مقادیر منفی نشانگر وضعیت غیرشرجی است.

رابطه (۱ - ۸)

$$D = \frac{RH}{21.55} - \frac{100}{T} + 1.3$$

که در آن:

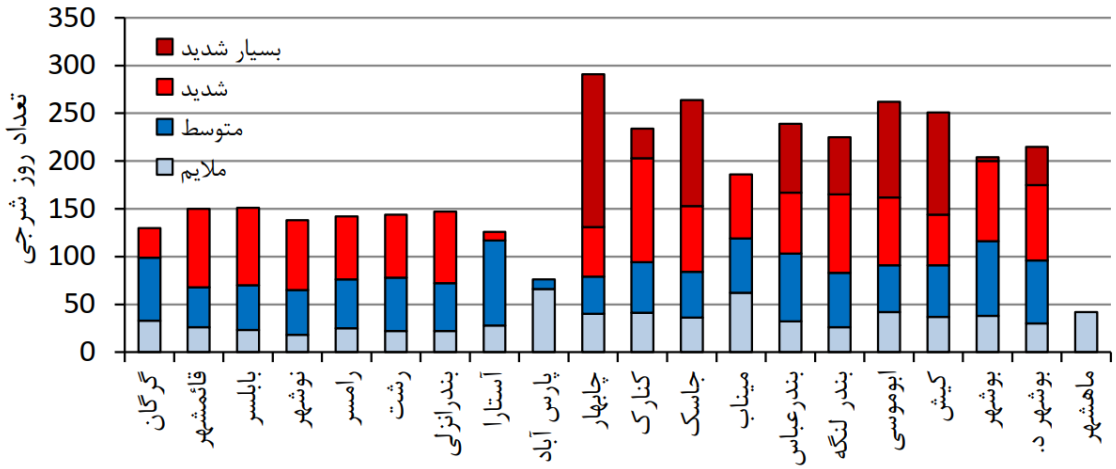
D	شدت شرجی
RH	نم نسبی
T	دمای هوا

بر پایه این رابطه و با توجه به این که بیشینه نم نسبی ۱۰۰ درصد است، دمای آستانه شرجی، ۱۶/۸ درجه سلسیوس است. به بیان دیگر، در دماهای کمتر از ۱۶/۸ درجه، پدیده شرجی دیده نمی‌شود. بدیهی است که هر چه دما از این مقدار بالاتر رود، میزان رطوبت کمتری مولد شرجی خواهد بود و برعکس. با استفاده از این رابطه شدت شرجی برای هر روز محاسبه شد. در تحقیق حاضر، روز شرجی روزی در نظر گرفته شد که در ایستگاه مورد نظر، مقدار شاخص شدت شرجی بزرگتر یا مساوی ۰/۱ باشد.

جدول (۱- ۱۲) کلاسه‌بندی رطوبت هوا بر اساس شاخص شدت شرجی [۱۵]

عنوان طبقه	مقدار شدت شرجی
شرجی ضعیف	بین ۰/۱ تا ۰/۵
شرجی متوسط	بین ۰/۵ تا ۱
شرجی شدید	بین ۱ تا ۱/۵
شرجی خیلی شدید	بیشتر از ۱/۵

بر اساس کلاسه‌بندی نشان داده شده در جدول (۱– ۱۲) نتایج شکل (۱– ۱۸) برای شهرهای ساحلی ایران نتیجه شده است. در سایر نقاط کشور، یک روز شرجی نیز مشاهده نمی‌شود.



شکل (۱- ۱۸) تعداد روزهای شرجی از کلاس‌های مختلف در شهرهای ساحلی ایران [۱۵]

۱-۷-۹- کلاسه‌بندی پارامتر ریزگردها و آلودگی‌های هوا

در سال‌های اخیر به دلیل گسترش پدیده ریزگردها در مناطقی از کشور که پیش از این کمتر تجربه این پدیده را داشته‌اند و همچنین خشکسالی‌های پیاپی و البته مدیریت ناصحیح منابع آبی و افزایش تعداد روزهایی که این پدیده رخ داده است، توجه‌ها به این پدیده از دیدگاه عموم جامعه جلب شده است. ریزگردها زمانی که با بارش کم باران و یا هوای مرطوب همراه شود، بر تجهیزات مختلف شبکه و خصوصاً مقره‌ها نشسته و با چسبندگی ایجاد شده، ثابت باقی می‌مانند. ایجاد جریان نشتی و افزایش تلفات از اثرات مستمر این پدیده است. در اثر این مشکل، اتصالی‌های گسترده و پراکنده در سطح شبکه رخ می‌دهد که شناسایی محل وقوع آن‌ها و اتصال مجدد شبکه نیز به راحتی امکان‌پذیر نیست. انجام مطالعات و آنالیز اطلاعات مربوط به این پدیده و کلاسه‌بندی مخاطرات مربوطه و در نظر گرفتن این پدیده در طراحی شبکه از مسائل مهم در طراحی شبکه توزیع خصوصاً در مناطقی است که این پدیده بیشتر مشاهده می‌شود.

ایستگاه‌های سینوپتیکی اطلاعات مربوط به وجود گرد و خاک و شن در هوا را ثبت می‌نمایند. یکی از مبانی مهم اطلاعات برای آنالیز شدت این پدیده نیز همین اطلاعات است. در مراجع مختلف، روش‌های گوناگونی برای پهنه‌بندی جغرافیایی بر اساس این پدیده ارائه شده است. دو روش برتر و پرکاربردتر، پهنه‌بندی بر اساس تعداد روز وقوع در سال و فاصله از منابع ایجاد آلودگی است. مبنای کلاسه‌بندی نیز غالباً فاصله خزشی در نظر گرفته می‌شود.

۱-۷-۹-۱- انواع آلودگی‌ها

در استاندارد IEC/TS 60815-1 اطلاعات مدونی در خصوص آلودگی‌های هوا، ریزگردها و پدیده‌های مشابه که می‌تواند ناشی از نزدیکی شبکه به مناطق صنعتی، مناطق ساحلی، مناطق نمکی و بیابانی باشد ارائه شده است. در این استاندارد، آلودگی‌ها به دو دسته کلی A و B تفکیک شده‌اند. دسته A به گروهی از آلودگی‌ها اطلاق شده که به صورت جامد بر مقره‌ها رسوب می‌کنند و دارای جزء غیر حل‌شونده هستند. این آلودگی‌ها با مقداری رطوبت رسانا می‌شوند. گروه B به آلودگی‌هایی اطلاق می‌شود که از نوع الکترولیت‌های مایع بوده و با یا بدون جزء غیرحل‌شونده روی مقره‌ها رسوب می‌کنند و رسانایی زیادی دارند. آلودگی نوع A اغلب در مناطق کویری یا مناطق آلوده صنعتی مشاهده می‌شود. در این حالت یک لایه نمک خشک ایجاد می‌شود. آلودگی نوع A می‌تواند در مناطق ساحلی نیز ایجاد شود و سپس به سرعت توسط شبنم، غبار، مه یا نم‌نم باران خیس شود و باعث بروز خطا گردد. آلودگی نوع B اغلب در مناطق ساحلی که آلودگی‌های آن حاوی آب نمک یا مواد رسانا هستند مشاهده

می‌شود. در این شرایط مه بر روی سطح عایق رسوب می‌کند. از سایر منابع آلودگی نوع B، می‌توان به سمپاشی محصولات، غبارهای شیمیایی و باران‌های اسیدی اشاره نمود.

۱-۷-۹-۲- پهنه‌بندی بر اساس منابع آلودگی

یکی از روش‌های به کار گرفته شده برای پهنه‌بندی پارامتر آلودگی هوا و گرد و غبار و ریزگردها و موارد مشابه، کلاسه‌بندی مکان‌ها از دیدگاه نزدیکی به منابع آلودگی است. جدول (۱- ۱۳) پهنه‌بندی پیشنهادی از این دیدگاه را نشان می‌دهد.

جدول (۱- ۱۳) پهنه‌بندی بر اساس پارامتر آلودگی هوا از دیدگاه مجاورت با منابع آلودگی

سطح آلودگی	مثال‌هایی از چند نمونه ناحیه
سبک	ناحیه‌های بدون کارخانه و با تراکم کمی از خانه‌های مسکونی
	ناحیه‌های با تراکم کم کارخانه‌های صنعتی و خانه، با وزش باد و بارندگی همیشگی
	نواحی کشاورزی
	نواحی کوهستانی
	* تمامی نواحی بالا باید دارای حداقل فاصله‌ای برابر با ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر از دریا بوده و دارای وزش مستقیم باد از طرف دریا نباشد.
متوسط	نواحی با کارخانه‌هایی که دارای دود آلوده‌کننده مخصوصی هستند و یا ناحیه‌های با تراکم متوسطی از کارخانه‌هایی که دارای لوازم گرمازا هستند
	ناحیه‌هایی با تراکم خانه‌ها و یا تراکم کارخانه‌ها با وزش مداوم باد و بارش مداوم باران
	ناحیه‌هایی که از سمت دریا در معرض باد بوده ولی خیلی به ساحل دریا نزدیک نیستند (حداقل چندین کیلومتر فاصله وجود دارد)
سنگین	ناحیه‌هایی با تراکم زیاد کارخانه و شهرهای بزرگی که دارای حومه در اطراف خود هستند با منابع گرمایی که مولد آلودگی هستند
	نواحی نزدیک به دریا که در تمام شرایط در معرض وزش بادهای نسبتا شدید از طرف دریا هستند
خیلی سنگین	ناحیه‌هایی که دارای گرد و غبارهای محلی بوده و کارخانه‌هایی که مولد آلوده‌کننده همراه با ذرات ریز معلق هستند.
	ناحیه‌هایی با وسعت محدود که خیلی به ساحل دریا نزدیک بوده و در معرض قطرات ریز آب دریا و بادهای آلوده‌ی خیلی قوی از طرف دریا هستند
	نواحی خشک و بدون باران که در معرض بادهای شنی قرار دارند

روش دیگری نیز برای پهنه‌بندی آلودگی هوا پیشنهاد شده است که در آن کلاسه‌بندی بر اساس شاخص شدت آلودگی سایت[۱] انجام می‌شود. این شاخص خود بر اساس محاسبه چند شاخص دیگر تعیین می‌شود. این شاخص‌ها به مشخصات آلودگی مزبور و میزان آن‌ها وابسته است. جدول (۱- ۱۴) تعریف خلاصه‌ای از این شاخص‌ها را ارائه می‌دهد.

جدول (۱- ۱۴) خلاصه تعریف شاخص‌های مهم در تعیین نوع و شدت آلودگی سایت

نام شاخص	تعریف
ESDD[۲]	مقدار کلرید سدیم در واحد سطح بر حسب میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع
NSDD[۳]	مقدار آلودگی غیر قابل انحلال در واحد سطح بر حسب میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع
SES[۴]	میزان شوری مه نمکی بر اساس استاندارد IEC60507 بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب
DDGI-S[۵]	میزان هدایت آلودگی بر حسب µS/cm
DDGI-N[۶]	توده باقیمانده غیر محلول در یک دوره زمانی مشخص بر حسب میلی‌گرم
SPS[۷]	مقدار ماکزیمم ESDD/NSDD یا SES یا DDGIS/DDGIN در یک دوره زمانی مشخص بسته به نوع آلودگی

نتایج کلاسه‌بندی پیشنهادی برای شاخص SPS مطابق جدول (۱- ۱۵) است. با ترکیب سطوح زیر معمولی، می‌توان کلاسه‌بندی سه سطحی متداول پیشنهادی در این گزارش را مشخص نمود.

جدول (۱- ۱۵) کلاسه‌بندی شاخص شدت آلودگی سایت بر حسب شاخص SPS

کلاس آلودگی	ماکزیمم ماهیانه در یک سال	متوسط ماهیانه در یک سال
خیلی سبک	کمتر از ۵۰	کمتر از ۲۵
سبک	بین ۵۰ تا ۱۷۵	بین ۲۵ تا ۷۵
متوسط	بین ۱۷۵ تا ۵۰۰	بین ۷۵ تا ۲۰۰
سنگین	بین ۵۰۰ تا ۸۵۰	بین ۲۰۰ تا ۳۵۰
فوق سنگین	بیش از ۸۵۰	بیش از ۳۵۰

[۱] site pollution severity

[۲] Equivalent Salt Deposit Density

[۳] Non Soluble Deposit Density

[۴] Site Equivalent Salinity

[۵] Dust Deposit Gauge Index – Soluble

[۶] Dust Deposit Gauge Index – Non-soluble

[۷] Site Pollution Severity

۱-۷-۱۰- کلاسه‌بندی پارامتر خوردگی اتمسفر

از دیگر پدیده‌هایی که در طراحی شبکه توزیع و انتخاب تجهیزات مؤثر است، پدیده خوردگی اتمسفر است. این پدیده باعث فرسودگی زودرس در تجهیزات شبکه هوایی می‌شود. در این شرایط، انتخاب تجهیزات مناسب می‌تواند هزینه‌های تعمیر و نگهداری و ساماندهی شبکه را در دراز مدت به میزان قابل توجهی کاهش دهد. علاوه بر این پدیده خوردگی باعث افزایش چشمگیر تلفات شده و هزینه زیادی را به شبکه وارد می‌آورد.

۱-۷-۱۰-۱- اندازه‌گیری پارامتر خوردگی اتمسفر

مطابق با استاندارد ISO9223 میزان خورندگی اتمسفر مناطق مختلف وابسته به پارامترهای آب و هوایی مانند دما و رطوبت نسبی هوای اتمسفر، زمان ترشوندگی و غلظت آلاینده‌های اتمسفر مانند یون کلر و SO_2 می‌باشد. همچنین مهم‌ترین پارامتر به منظور طبقه‌بندی میزان خورندگی اتمسفر هر منطقه زمان ترشوندگی سطح است. این پارامتر به زمانی اطلاق می‌شود که دمای محیط بالای صفر درجه‌ی سانتیگراد بوده و همزمان رطوبت نسبی بالای ۸۰٪ باشد. به منظور بررسی میزان خوردگی تجهیزات مختلف نیز از شاخص نرخ خوردگی استفاده می‌شود که در استاندارد ISO 9223 بیان شده است.

به منظور تخمین خورندگی هر اتمسفر، ابتدا براساس روش‌های ذکر شده در استاندارد ملی ۱۶۸۴۴ و یا ISO 9225 پارامترهای مورد نیاز شامل میزان ترکیب دما–رطوبت، آلودگی با SO_2 و کلریدهای انتقال یافته با هوا اندازه‌گیری می‌شوند. سپس براساس شاخص‌های تعریف شده در استاندارد ملی ۱۶۸۴۲ و یا ISO 9223 وضعیت اتمسفر مورد بررسی از نظر میزان خورندگی مشخص می‌شود. با توجه به فقدان اطلس خورندگی و لزوم تهیه آن در کشور، طرح جامعی در زمینه تهیه اطلس خورندگی کشور توسط پژوهشگاه نیرو انجام شده است. در این طرح ابتدا پس از بررسی وضعیت و تاریخچه خورندگی اتمسفری، تجهیزات مختلف صنعت برق، شرایط آب و هوای مناطق مختلف کشور از منظر خوردگی و تاثیر عوامل مختلف مانند دما، رطوبت نسبی و غلظت آلاینده‌ها با توجه به استاندارد ISO 9223 مورد بررسی قرار گرفته است و اتمسفر مناطق مختلف کشور از لحاظ میزان خورندگی طبقه‌بندی شده است. سپس مناطقی که دارای اتمسفر خورنده متوسط به بالا می‌باشند، به لحاظ اهمیت از نقطه‌نظر خوردگی بیشتر مورد توجه قرار گرفته و در این مناطق علاوه بر مطالعات و بررسی‌های میدانی آب و هوایی، پایگاه‌های خوردگی مطابق با استاندارد ISO 8565 احداث گردیده‌اند و با قرار دادن نمونه‌هایی از فلزات و مواد مختلف مورد استفاده در تجهیزات صنعت برق مطابق با استاندارد ISO 9226، سرعت خوردگی آن‌ها در بازه‌های زمانی مشخص مورد بررسی قرار گرفته و بانک اطلاعاتی کاملی از خوردگی فلزات و مواد استخراج گردیده است. کلاسه‌بندی میزان خوردگی بر اساس جدول (۱– ۱۷) می‌باشد.

۱-۷-۱۰-۲- روش مناسب کلاسه بندی

با استفاده از شاخص‌های اندازه‌گیری شده برای هر منطقه و براساس استاندارد ملی ۱۶۸۴۲ و یا ISO 9223، اتمسفرهای مورد بررسی در شش رده خورندگی شامل خورندگی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد و بیش از اندازه، مطابق جدول (۱– ۱۶) قرار می گیرند.

جدول (۱- ۱۶) رده خورندگی اتمسفر

رده	خورندگی
C1	خیلی کم
C2	کم
C3	متوسط
C4	زیاد
C5	خیلی زیاد
CX	بیش از اندازه

جدول (۱- ۱۷) نرخ‌های خورندگی برای در معرض قرارگیری سال اول در رده‌های خورندگی مختلف

رده خوردگی	نرخ خورندگی فلزات r_{corr}				
	واحد	فولاد کربنی	روی	مس	آلومینیوم
C_1	g/(m².a) µm/a	$r_{corr}\leq$۱۰ $r_{corr}\leq$۱/۳	$r_{corr}\leq$۰/۷ $r_{corr}\leq$۰/۱	$r_{corr}\leq$۰/۹ $r_{corr}\leq$۰/۱	ناچیز –
C_2	g/(m².a) µm/a	۱۰≤r_{corr}≤۲۰۰ ۱/۳≤r_{corr}≤۲۵	۰/۷≤r_{corr}≤۵ ۰/۱≤r_{corr}≤۰/۷	۰/۹≤r_{corr}≤۵ ۰/۱≤r_{corr}≤۰/۶	$r_{corr}\leq$۰/۶ –
C_3	g/(m².a) µm/a	۲۰۰≤r_{corr}≤۴۰۰ ۲۵≤r_{corr}≤۵۰	۵≤r_{corr}≤۱۵ ۰/۷≤r_{corr}≤۲/۱	۱۰≤r_{corr}≤۵ ۰/۶≤r_{corr}≤۱/۳	۰/۶≤r_{corr}≤۲ –
C_4	g/(m².a) µm/a	۴۰۰≤r_{corr}≤۶۵۰ ۵۰≤r_{corr}≤۸۰	۱۵≤r_{corr}≤۳۰ ۲/۱≤r_{corr}≤۴/۲	۱۰≤r_{corr}≤۵ ۱/۳≤r_{corr}≤۲/۸	۲≤r_{corr}≤۵ –
C_5	g/(m².a) µm/a	۶۵۰≤r_{corr}≤۱۵۰۰ ۸۰≤r_{corr}≤۲۰۰	۳۰≤r_{corr}≤۶۰ ۴/۲≤r_{corr}≤۸/۴	۲۵≤r_{corr}≤۵۰ ۲/۸≤r_{corr}≤۵/۶	۵≤r_{corr}≤۱۰ –
C_X	g/(m².a) µm/a	۱۵۰۰≤r_{corr}≤۵۵۰۰ ۲۰۰≤r_{corr}≤۷۰۰	۶۰≤r_{corr}≤۱۸۰ ۸/۴≤r_{corr}≤۲۵	۵۰≤r_{corr}≤۹۰ ۵/۶≤r_{corr}≤۱۰	$r_{corr}\geq$۱۰ –

* نرخ خوردگی که بر حسب گرم بر مترمربع بر روز [g/(m².a)] محاسبه می‌شود، برحسب میکرومتر بر سال µm/a محاسبه و گرد می‌شوند.

* r_{corr}: نرخ خوردگی در سال اول در معرض قرارگیری اتمسفری

همانطور که ذکر شد، مهمترین پارامتر برای طبقه‌بندی میزان خورندگی اتمسفر هر منطقه، زمان ترشوندگی سطح است. این پارامتر به زمانی اطلاق می‌شود که دمای محیط بالای صفر درجه‌ی سانتیگراد بوده و همزمان رطوبت نسبی بالای ٪۸۰ باشد. به این منظور داده‌های هواشناسی در ۱۸۹ شهر کشور توسط تیم تحقیقاتی خوردگی پژوهشگاه نیرو جمع‌آوری و مورد آنالیز قرار گرفته است، که در نهایت ۵۱ شهر برای آنالیز میدانی آلاینده‌ها انتخاب شده‌اند. نتایج نهایی به صورت جدول (۱– ۱۸) ارائه شده است. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، خورندگی در مناطق شمالی و جنوبی کشور شدیدتر است.

جدول (۱- ۱۸) طبقه‌بندی اتمسفرهای شهرهای کشور از لحاظ خوردگی برای فلزات مختلف

شماره	ایستگاه	Al[۱]	Cu[۲], Zn[۳]	St[۴]
۱	آبادان	C_3	C_3	C_2,C_3
۲	آستارا	C_5	C_5	C_5
۳	اراک	C_3	C_3	C_2,C_3
۴	اردبیل	C_3	C_3	C_3
۵	ارومیه	C_4	C_3,C_4	C_4
۶	اصفهان	C_3	C_3	C_3,C_4
۷	امیدیه	C_3	C_3	C_2,C_3
۸	انزلی	C_5	C_5	C_5
۹	اهواز	C_3	C_3	C_2,C_3
۱۰	بابلسر	C_3,C_4	C_4	C_4
۱۱	بجنورد	C_3	C_3	C_3
۱۲	بندرعباس	C_4	C_3,C_4	C_4
۱۳	بندرلنگه	C_4	C_3,C_4	C_4
۱۴	بوشهر	C_4	C_3,C_4	C_4
۱۵	بیرجند	C_3	C_3	C_2,C_3
۱۶	پارس آباد	C_3	C_3	C_3
۱۷	تبریز	C_3	C_3	C_2,C_3
۱۸	تهران	C_3	C_3	C_3,C_4
۱۹	چابهار	C_5	C_5	C_5
۲۰	خلخال	C_3	C_3	C_3

[۱] Aluminum

[۲] Copper

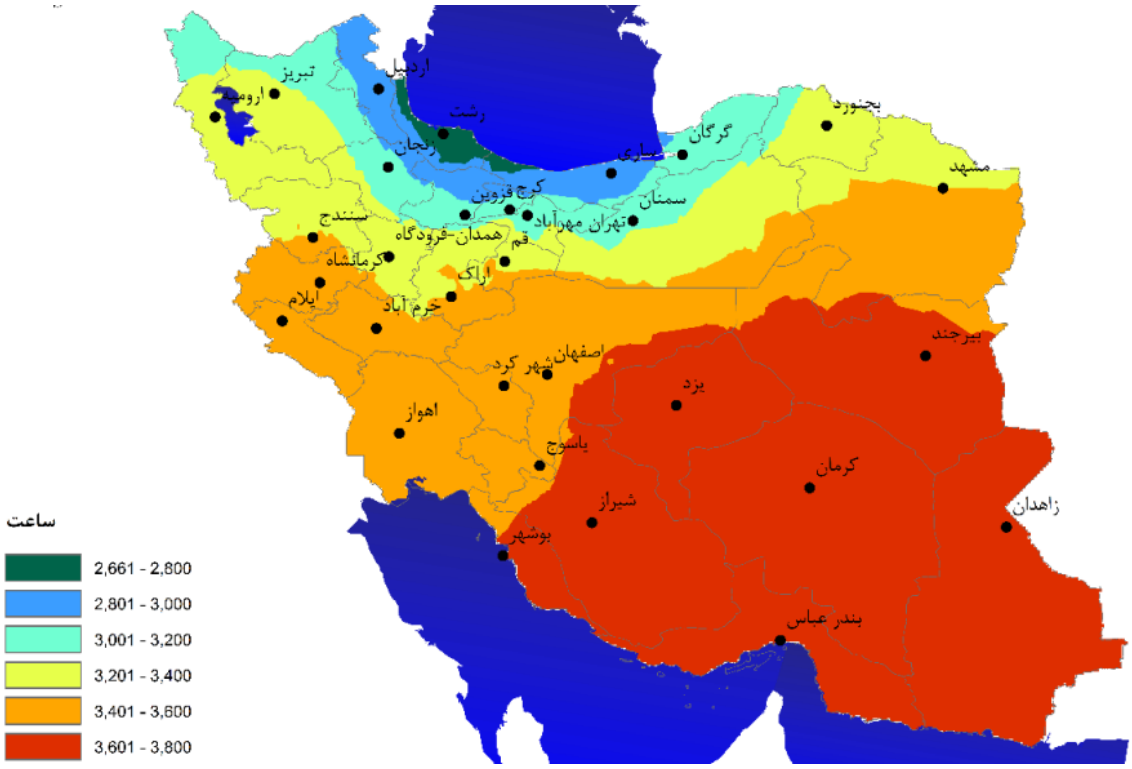
[۳] Zinc

[۴] Steel

شماره	ایستگاه	Al[1]	Cu[2], Zn[3]	St[4]
۲۱	دهلران	C_3,C_4	C_3	C_4
۲۲	رشت	C_5	C_5	C_5
۲۳	زاهدان	C_1	C_1	C_1
۲۴	ساری	C_3,C_4	C_4	C_4
۲۵	سرعین	C_3,C_4	C_3,C_4	C_4
۲۶	سقز	C_3	C_3	C_2,C_3
۲۷	سمنان	C_3	C_3	C_2,C_3
۲۸	سیرجان	C_3	C_3	C_2,C_3
۲۹	شیراز	C_3	C_3	C_2,C_3
۳۰	طبس	C_3	C_3	C_2,C_3
۳۱	قزوین	C_3	C_3	C_3,C_4
۳۲	قشم	C_5	C_5	C_5
۳۳	قم	C_3	C_3	C_2,C_3
۳۴	کرمان	C_3	C_3	C_2,C_3
۳۵	کرمانشاه	C_3	C_3	C_2,C_3
۳۶	کهنوج	C_3	C_3	C_2,C_3
۳۷	کیش	C_4	C_3,C_4	C_4
۳۸	گرگان	C_3,C_4	C_4	C_4
۳۹	گنبدکابوس	C_3	C_3	C_3
۴۰	ماهشهر	C_3,C_4	C_3	C_3,C_4
۴۱	مراغه	C_3,C_4	C_3	C_3,C_4
۴۲	مراوه تپه	C_3	C_3	C_2,C_3
۴۳	مریوان	C_3	C_3	C_2,C_3
۴۴	مسجد سلیمان	C_3	C_3	C_2,C_3
۴۵	مشهد	C_3	C_3	C_2,C_3
۴۶	منجیل	C_3	C_3	C_2,C_3
۴۷	میناب	C_3	C_3	C_2,C_3
۴۸	نوشهر	C_5	C_5	C_5
۴۹	همدان	C_3	C_3	C_2,C_3
۵۰	یاسوج	C_3	C_3	C_2,C_3
۵۱	یزد	C_3	C_3	C_2,C_3

۱-۷-۱۱- میزان تابش آفتاب

یکی از موضوعاتی که به صورت مستقیم یا غیر مستقیم می‌تواند در طراحی شبکه توزیع هوایی مؤثر باشد، میزان تابش آفتاب است. همانطور که گفته شد، پارامتر دمای هوای خشک به دلیل اندازه‌گیری در سایه، می‌تواند با واقعیت دمای هوا بر روی تجهیزات مستقر در زیر نور مستقیم خورشید تفاوت چشمگیری داشته باشد. موضوع میزان تابش آفتاب غالباً با استفاده از شاخص تعداد ساعات تابش آفتاب یا تعداد روزهای آفتابی اندازه‌گیری می‌شود. در شکل (۱- ۱۹) نمونه پهنه‌بندی انجام شده بر اساس تعداد ساعات آفتابی نشان داده شده است. با افزایش روزافزون استفاده از منابع تجدیدپذیر فتوولتائیک و از آنجا که آنالیز راندمان نیروگاه‌های مذکور، نیازمند بررسی دقیق میزان ساعات آفتابی در سال است، سایت‌های معتبری در این زمینه وجود دارد که دقیقاً بر اساس شرایط هر نقطه، اطلاعات دقیقی ارائه می‌نمایند.



شکل (۱- ۱۹) مجموع ساعات آفتابی سالانه [۱۲]

کلاسه‌بندی پیشنهادی بر اساس تعداد ساعات آفتابی مطابق جدول (۱- ۱۹) می‌باشد. در ایران مناطق با میزان تابش آفتاب کمتر از ۳۰۰۰ ساعت، محدود به مناطق نزدیک به محدوده شمال کشور می‌باشد و هر چه به سمت جنوب شرق کشور حرکت کنیم، میزان ساعات تابش آفتاب افزایش می‌یابد.

جدول (۱- ۱۹) کلاسه‌بندی پیشنهادی برای پارامتر میزان تابش آفتاب

عنوان	معمولی	سنگین	فوق سنگین
میزان تابش آفتاب	کمتر از ۳۰۰۰ ساعت در سال	بیشتر از ۳۰۰۰ ساعت و کمتر از ۳۶۰۰ ساعت در سال	بیشتر از ۳۶۰۰ ساعت در سال

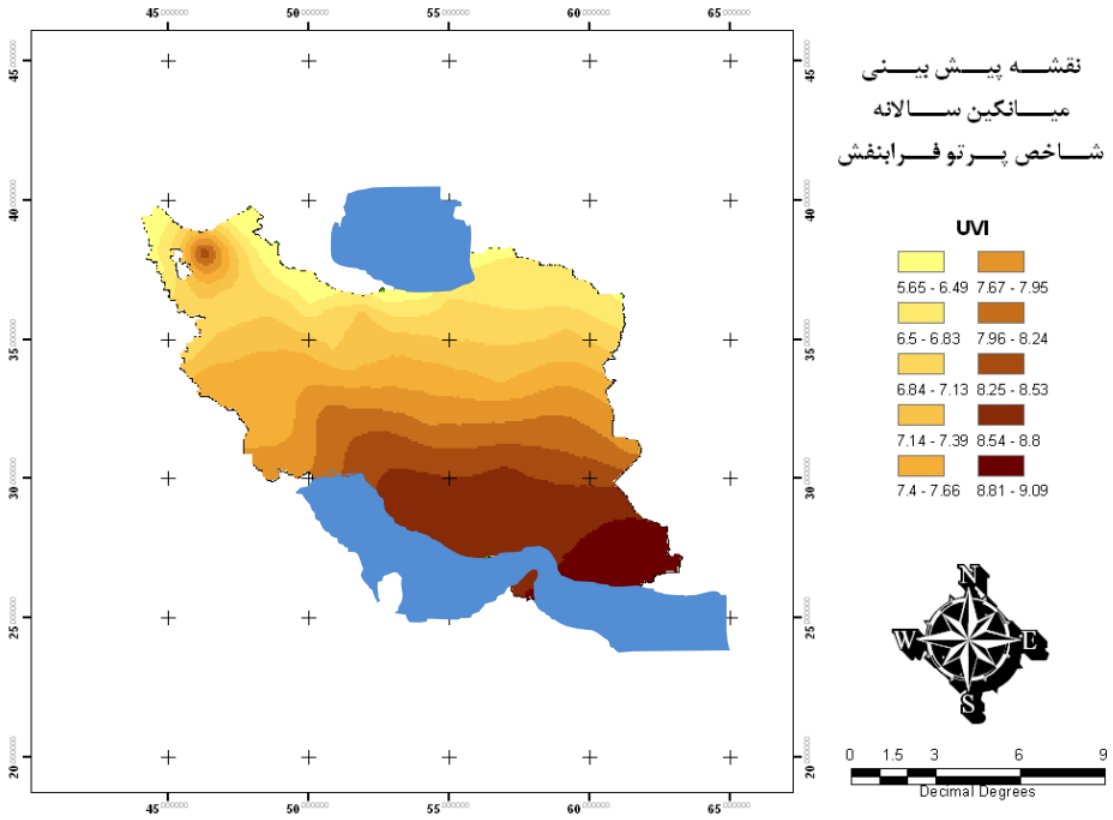
۱-۷-۱۲- میزان اشعه فرابنفش

اشعه فرابنفش[۱] یا به اختصار UV، موجی است در گستره امواج الکترومغناطیسی با طول موجی در محدوده ۱۰ تا ۴۰۰ نانومتر که کوتاه‌تر از نور مرئی و بلندتر از پرتو ایکس است. به بیانی دیگر انرژی آن کمتراز پرتو ایکس، ولی بیشتراز نور مرئی است. اشعه UV در نور خورشید موجود است و تقریباً شامل ۱۰٪ از تمام امواج منتشر شده از سطح خورشید می‌شود. این اشعه برای انسان مضر است. در مورد انسان، حضور طولانی در مقابل تابش فرابنفش، می‌تواند احتمال ابتلاء به آسیب‌های حاد و مزمن پوستی، بینایی و حتی تخریب کل سیستم ایمنی بدن را به دنبال داشته باشد. این اشعه همچنین بر عایق کابل‌ها و روکش سیم‌های روکش‌دار اثر گذاشته و باعث کاهش عمر آن‌ها می‌شود [۱۶]. از این رو پرداختن به موضوع اشعه فرابنفش در فلسفه طراحی توجیه می‌شود تا در صورت لزوم، قیود و چارچوب‌های مناسب در این زمینه پیشنهاد گردد. شکل (۱- ۲۰) نمونه‌ای از مطالعات صورت گرفته در زمینه پهنه‌بندی پرتو فرابنفش در ایران را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود بخش‌های جنوبی و خصوصاً جنوب شرق ایران از شدت بالای پرتو فرابنفش برخوردار هستند و بر اساس کلاسه‌بندی سازمان بهداشت جهانی[۲] جزء مناطق بسیار پرخطر محسوب می‌شوند. عموماً شدت ورود اشعه فرابنفش بین ۱۰صبح تا ۴ عصر بیشتر از اوقات دیگر است. میزان پرتو فرابنفش خورشیدی در روی زمین به چندین عامل بستگی دارد که از آن جمله می‌توان به ارتفاع از سطح دریا، عرض جغرافیایی، میزان انعکاس زمین، پوشش آسمان و ماه و یا فصل سال اشاره نمود. شاخص مورد استفاده برای کلاسه‌بندی شاخص UV می‌باشد. کلاسه‌بندی پیشنهادی نیز منطبق بر کلاسه‌بندی سازمان بهداشت جهانی به صورت جدول (۱- ۲۰) پیشنهاد می‌گردد.

جدول (۱- ۲۰) کلاسه‌بندی پیشنهادی میزان اشعه فرابنفش

عنوان	معمولی	سنگین	فوق سنگین
میزان اشعه فرابنفش بر حسب (UVI)	کمتر از ۷	۷ تا ۸/۵	بیش ۸/۵

[۱] Ultraviolet
[۲] world health organization (WHO)



شکل (۱- ۲۰) نمونه پهنه‌بندی بر اساس شاخص پرتو فرابنفش

۱-۸- پهنه‌بندی جغرافیایی

پارامترهای جغرافیایی مؤثر در طراحی شبکه توزیع بسیار متنوع هستند. به برخی از این پارامترها در شرح خدمات اشاره شده و برخی نیز در طول انجام مطالعات اضافه گردید که می‌تواند در طراحی شبکه توزیع و انتخاب تجهیزات مؤثر باشد. برخی از مهمترین پارامترهای جغرافیایی که در این گزارش به آن‌ها پرداخته شده است عبارتند از زلزله، مسیر گسل‌ها، رانش زمین، مقاومت مکانیکی خاک، مقاومت الکتریکی خاک و خوردگی خاک. البته برخی از پارامترهای جغرافیایی موضوع پهنه‌بندی و کلاسه‌بندی پارامترها برای آن‌ها چندان مطرح نیست و بیشتر به عنوان مخاطرات یا نکات مهم برای اعمال در طرح شبکه و خصوصاً مسیریابی استفاده می‌شوند که از آن جمله می‌توان به وضعیت آب‌های سطحی اشاره نمود. آب‌های زیر سطحی می‌توانند در میزان مقاومت الکتریکی خاک و همچنین در میزان خورندگی خاک مؤثر باشند که به این موضوع نیز پرداخته خواهد شد.

۱-۸-۱- کلاسه‌بندی پارامتر خطر وقوع زلزله

کشور ایران جزء مناطق زلزله‌خیز زمین محسوب می‌شود. خصوصیت مهم این پدیده را می‌توان دفعاتی بودن این پدیده و وقوع مشکلات همزمان در سایر زیر ساخت‌های آب و گاز و مخابرات و البته راه‌ها و ساختمان‌ها دانست.

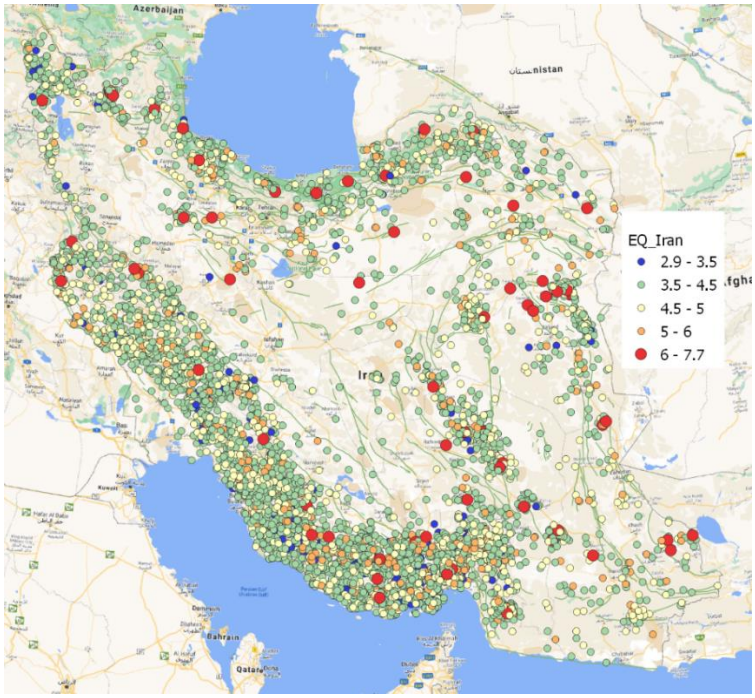
وقوع زلزله شدید در یک منطقه می‌تواند خسارات اساسی به شبکه وارد کند. به دلیل اهمیت پایدار بودن شبکه برق در شرایط بحرانی و نقش بسیار مهم و کلیدی که برق در زندگی امروزه ایفا می‌کند و وابستگی بسیاری از امور روزمره به وجود برق، لازم است برای تأمین برق پایدار و مطمئن در شرایط وقوع زلزله، تدابیر لازم اندیشیده شود.

۱-۸-۱-۱- چگونگی تاثیر خطر زلزله بر طراحی شبکه

در مناطقی که خطر وقوع زلزله بیشتر است بایستی تدابیر مناسب در طراحی شبکه اندیشیده شود که از مهمترین این تدابیر می‌توان به طراحی خطوط و بارگذاری آن‌ها با شرایط مناسب برای مانور، ایجاد قدرت مانور مناسب و مسیرهای جایگزین اشاره نمود. تعیین نوع فنداسیون در این مناطق، محدودسازی استفاده از پست‌های توزیع با ترانسفورماتورهای هوایی خصوصاً در محل بارهای مهم و حساس و همچنین ایجاد محدودیت در بکارگیری این ترانسفورماتورها با ظرفیت بالا را نام برد. در زمان وقوع زلزله خصوصاً اگر شدت زلزله زیاد باشد، مشکلاتی نیز به صورت غیر مستقیم برای شبکه توزیع برق ایجاد می‌شود که از مهمترین آن‌ها می‌توان به ریزش ساختمان‌ها بر روی شبکه و تخریب سیستم روشنایی معابر اشاره نمود.

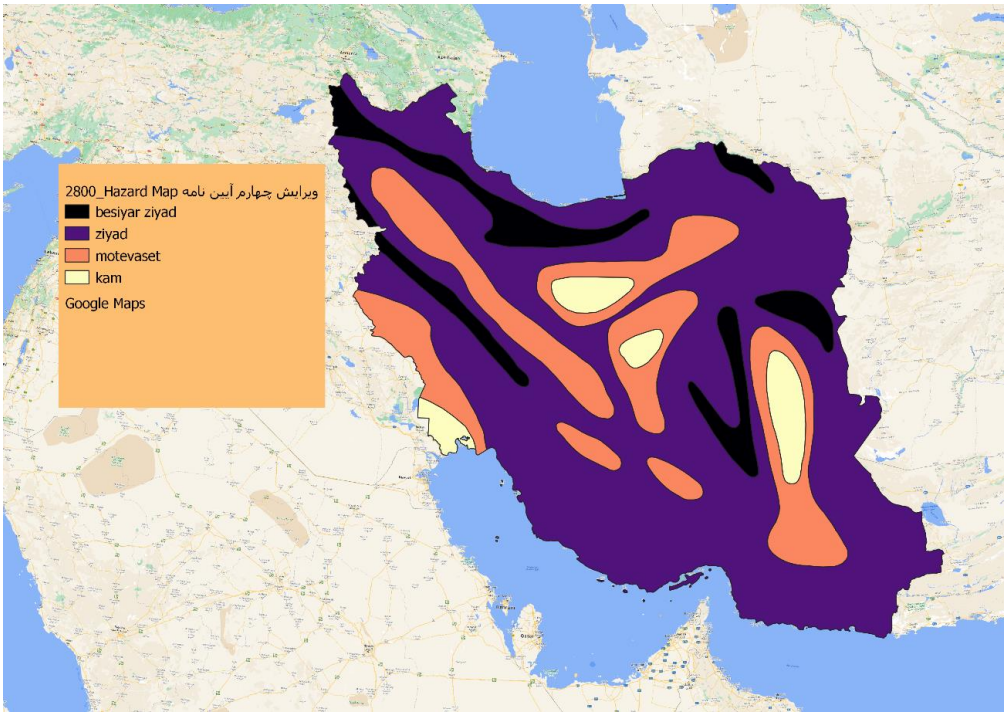
۱-۸-۱-۲- پهنه‌بندی خطر وقوع زلزله

پهنه‌بندی خطر وقوع زلزله با استفاده از روش‌های مختلفی توسط متخصصان موضوع پیشنهاد شده است. علاوه بر این عوامل مختلفی بر خطر وقوع زلزله در یک محدوده مشخص اثرگذار است که از آن جمله می‌توان سابقه وقوع زلزله از نظر تعداد و شدت در آن منطقه، مسیر گسل‌ها و جنس بستر اشاره نمود. دوره بازگشت مطالعات در پهنه‌بندی زلزله نیز در نتیجه مطالعات پهنه‌بندی بسیار مؤثر است. شکل (۱- ۲۱) نمایی کلی از محل و شدت زلزله‌های اخیر در ایران را نشان می‌دهد. مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران مسئولیت اندازه‌گیری و ثبت این اطلاعات را در ایران بر عهده دارد.



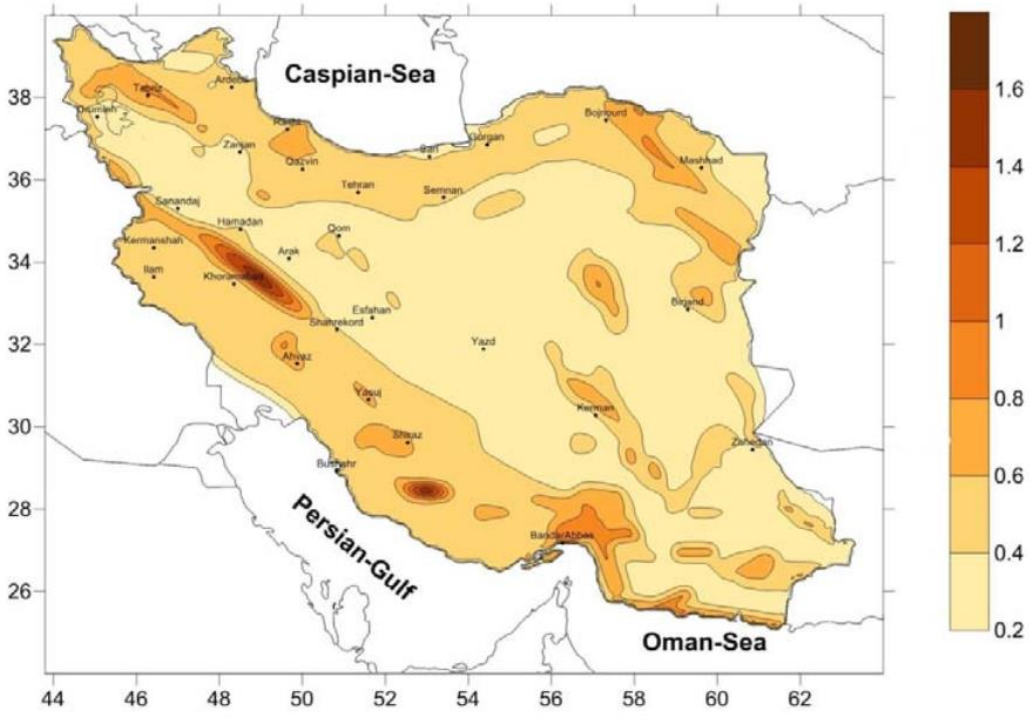
شکل (۱- ۲۱) سوابق وقوع زلزله ثبت شده در ایران از سال ۱۹۰۹ تا ۲۰۱۸

ویرایش چهارم از آئین نامه طراحی ساختمان در برابر زلزله و پهنه‌بندی ارائه شده از خطر وقوع زلزله در مناطق مختلف ایران را می‌توان یکی از مهمترین مستندات در این زمینه دانست. شکل (۱– ۲۲) نمایی از نتیجه این پهنه‌بندی را نشان می‌دهد [۱۷].



شکل (۱- ۲۲) نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زلزله در آئین نامه ۲۸۰۰ طراحی ساختمان در برابر زلزله

برخی از مراجع با بروزرسانی اطلاعات چشمه‌های زلزله و وارد کردن اطلاعات جدیدتر و اعمال سایر مؤلفه‌های مؤثر در خطر وقوع زلزله، نتایج دیگری با مقداری تفاوت نسبت به نقشه فوق ارائه داده‌اند [۱۸]. درصورتیکه خطر وقوع زلزله در هر استان با دقت بالاتری بررسی شود، می‌توان به نتایج دقیق‌تری از خطر وقوع زلزله رسید. در این شرایط می‌توان جنس بستر که کمتر در پهنه‌بندی‌های وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد را نیز در مطالعات وارد نمود. لازم به ذکر است که ارائه طرح شبکه به صورت مقاوم در مقابل زلزله، طرح پیشنهادی را بسیار پرهزینه خواهد کرد. لذا پهنه‌بندی دقیق‌تر مشابه با بسیاری از پدیده‌های دیگر می‌تواند در افق زمانی بلندمدت موجب منافع اقتصادی قابل توجهی شود. شکل (۱- ۲۳) زیر نمونه‌ای از پهنه‌بندی توسعه یافته و جدیدتر از خطر وقوع زلزله در ایران را نشان می‌دهد [۱۸].



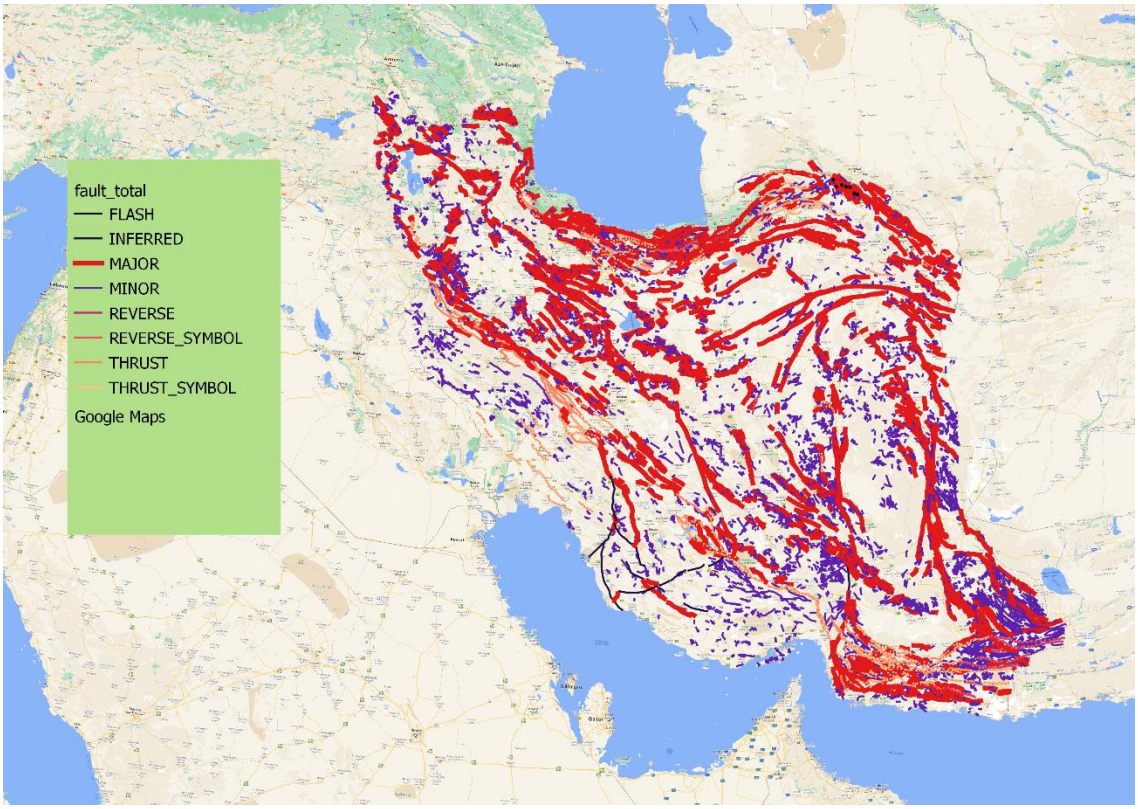
شکل (۱- ۲۳) نقشه پهنه‌بندی شتاب طیفی بر حسب g در دوره تناوب ۰/۲ ثانیه [۱۸]

با توجه به اینکه غالباً استانداردهای حداقلی در احداث شبکه توزیع، وجود خطر معمولی و کمتر در موضوع زلزله را پوشش می‌دهد، در نظر گرفتن سه سطح معمولی، خطر وقوع زیاد و خیلی زیاد پیشنهاد می‌شود. به منظور دستیابی به نتیجه مطلوب و ترکیب عوامل اثرگذار در خطر وقوع زلزله، روش نشان داده شده در فلوچارت شکل (۱- ۲۵) از متداول‌ترین روش‌ها می‌باشد. بر اساس تعاریف مختلف می‌توان کلاسه‌بندی پارامتر خطر وقوع زلزله را پیشنهاد نمود.

جدول (۱- ۲۱) کلاسه‌بندی پیشنهادی خطر وقوع زلزله

شیوه محاسبه	تابع توزیع احتمال مناسب	معمولی	اضطراری (پر خطر)	خطرناک
بر حسب شتاب طیفی[1] برحسب g در دوره تناوب ۰/۲ ثانیه با ۱۰ احتمال فزونی در ۵۰ سال	توزیع پواسن	کمتر از ۰/۵	بین ۰/۵ تا ۱/۴	بیش از ۱/۴

کلاسه‌بندی پارامتر خطر وقوع زلزله می‌تواند بر حسب فاصله از گسل‌ها و خصوصا گسل‌های فعال نیز به نوعی دیگر پیشنهاد شود. البته طراحان بایستی جهت و مسیر گسل‌های موجود در حوزه طراحی خود را در مطالعات طراحی شبکه و مسیریابی اعمال نمایند. شکل (۱- ۲۴) نمایی از مسیر گسل‌های فعال و اصلی ایران را نشان می‌دهد.

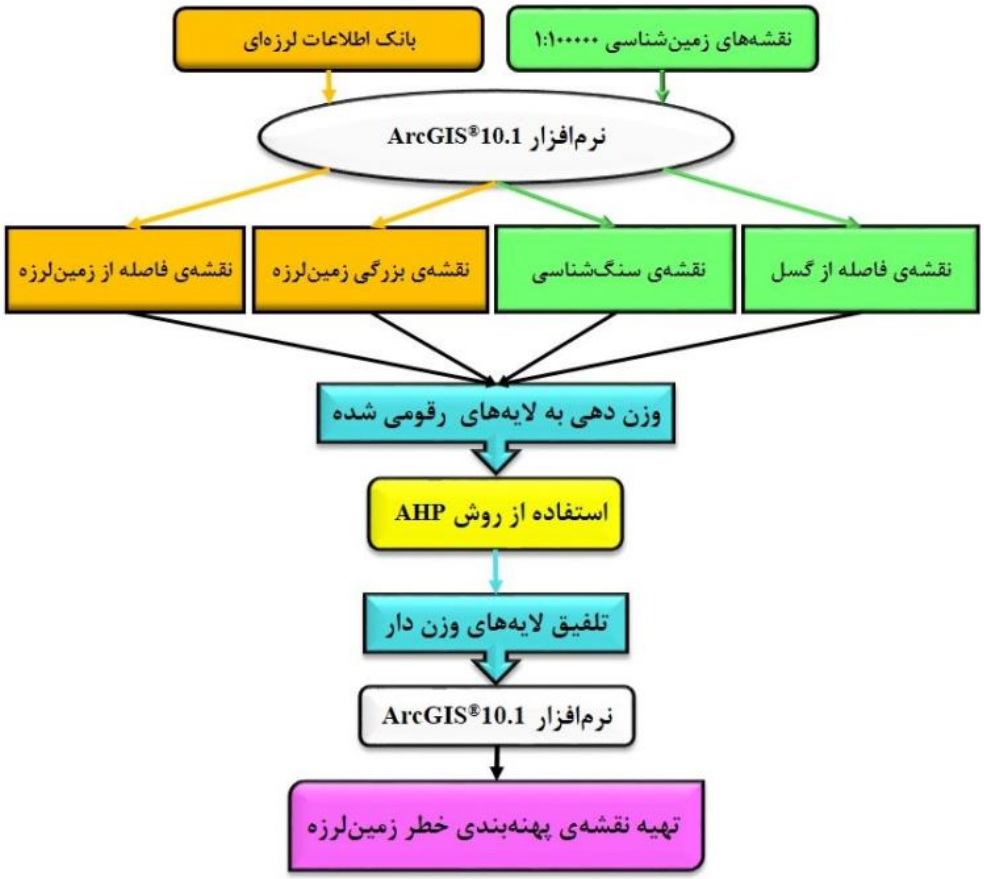


شکل (۱- ۲۴) نقشه گسل‌های ایران

در واقع برای پهنه‌بندی خطر وقوع زلزله، بایستی عوامل مختلف را با هم ترکیب نمود. از معتبرترین و متداول‌ترین روش‌های ترکیب این عوامل روش تحلیل سلسله مراتبی یا AHP[2] می‌باشد.

[1] Spectral Acceleration

[2] Analytic Hierarchy Process



شکل (۱- ۲۵) فلوچارت تحلیل و پهنه‌بندی خطر وقوع زلزله [۱۹]

۱-۸-۲- کلاسه‌بندی پارامتر رانش زمین

پارامتر رانش زمین یکی از پارامترهای مهم برای طراحی شبکه خصوصاً در مسیریابی شبکه و اجرای فونداسیون مورد نیاز می‌باشد. پدیده رانش زمین به چندین پارامتر دیگر شامل زلزله، وجود گسل‌های فعال، میزان بارندگی، جنس بستر، پوشش زمین، شبکه جاده‌ای، شبکه رودخانه‌ای و میزان شیب سطح وابسته است. ارائه پهنه‌بندی کلی در موضوع رانش زمین به دلیل آنکه عوامل بسیار گوناگونی در آن نقش دارند در یک منطقه وسیع بسیار زمانبر و مشکل است. به همین دلیل غالب مطالعات انجام شده در این زمینه محدود به مناطق کوچک و خاص می‌باشد. در مناطقی که جنس بستر از نوع خاک‌های رمبنده می‌باشد، احتمال وقوع رانش زمین خصوصاً در شیب زیاد سطح و در مناطق پرباران در زمان وقوع بارندگی و یا زمین لرزه بسیار زیاد است [۲۰-۲۲].

۱-۸-۳- کلاسه‌بندی پارامتر مقاومت مکانیکی خاک

به طور کلی توانایی پایداری و عدم نشست زمین در برابر فشارهای وارده بر آن را می‌توان تحت عنوان مقاومت مکانیکی بیان کرد. مقاومت مکانیکی تعیین می‌کند که خاک پایدار خواهد بود یا خیر یا اینکه چقدر در اثر فشار بار تغییر شکل خواهد داشت.

در طراحی شبکه‌های توزیع برق، از آنجایی که با حفر گوده مناسب، بخشی از طول پایه‌ها درون زمین قرار می‌گیرد، به منظور انجام یک طراحی مناسب و جامع، اطلاع از شرایط جغرافیایی و زمین‌شناسی محل طرح ضروری می‌باشد. اطلاع از نوع زمین و به عبارتی دیگر اطلاع از مقاومت مکانیکی زمین، نقش مهمی در انتخاب نوع و ابعاد فونداسیون پایه‌ها دارد. فونداسیون یک سازه باید به نحوی طرح و محاسبه گردد که در اثر انتقال بارها به زمین مقدار تنش‌های ایجاد شده در سطوح مختلف زمین از میزان معینی تجاوز نکند. انتقال فشارهای زیاد از حد باعث نشست زیاد فونداسیون، فرو رفتن ناگهانی آن در اثر ایجاد سطوح لغزش و جابه‌جا شدن خاک‌های زیر فونداسیون می‌گردد.

اگرچه داشتن اطلاعات کافی در خصوص وضعیت ژئوتکنیکی زمین در زمینه طراحی اقتصادی و فنی صحیح شبکه توزیع برق می‌تواند بسیار کمک کننده باشد، اما با توجه به وسعت مسیر خطوط شبکه، مطالعه تفصیلی زمین محل تک‌تک پایه‌ها هزینه بسیار بالایی را به همراه خواهد داشت. با توجه به وجود طیف وسیع جنس زمین در مسیر یک فیدر، لازم است با دسته‌بندی‌های مناسب، اقدام به طراحی و ساخت فونداسیون‌های مناسب با نوع زمین مسیر نمود. از این رو وجود یک پهنه‌بندی مناسب به منظور تقسیم مناطق مختلف براساس شاخص‌های مقاومت مکانیکی می‌تواند در راستای انجام اقتصادی و مناسب طرح ضروری می‌باشد. این موضوع برای اجرای پست‌های هوایی نیز از اهمیت بالایی برخوردار است.

بطور کلی شاخص‌های تاثیرگذار در مقاومت مکانیکی را می‌توان به صورت نوع و جنس زمین، وزن مخصوص، مقاومت فشاری و برشی، زاویه اصطکاک داخلی خاک، چگالی نسبی و میزان نفوذ استاندارد (SPT)[1] معرفی کرد.

۱-۸-۳-۱- کلاسه‌بندی مقاومت مکانیکی خاک بر اساس لایه بیرونی سطح زمین

از دیدگاه نوع و جنس زمین، می‌توان لایه بیرونی سطح زمین را به دو نوع سنگ و خاک تقسیم‌بندی کرد. رده‌بندی تعدادی از سنگ‌ها از لحاظ میزان مقاومت فشاری را می‌توان مطابق جدول (۱- ۲۲) بیان کرد. از طرفی مقاومت خاک‌ها از دو خاصیت فیزیکی چسبندگی و اصطکاک بین ذرات ناشی شده و می‌توان خاک‌ها را به دو نوع خاک‌های چسبنده و غیرچسبنده نیز تقسیم کرد.

[1] Standard Penetration Test

جدول (۱- ۲۲) تا جدول (۱- ۲۴) مقاومت فشاری تعدادی از سنگ‌ها، خاک‌های چسبنده و غیرچسبنده را نشان می‌دهد.

جدول (۱- ۲۲) مقاومت فشاری مجاز تعدادی از سنگ‌ها

نوع سنگ	فشار سنگ (kg/cm^2)
سنگ‌های آذرین	بیش از ۵۰
سنگ‌های گنیس	بیش از ۵۰
سنگ‌های آهکی و ماسه و سنگ‌های سخت	۳۰
سسیت‌ها و تخته سنگ‌ها	۲۰
سنگ‌های رسی و لای سنگ	۱۰
بلوک‌های گچی سخت	۶

جدول (۱- ۲۳) مقاومت فشاری مجاز تعدادی از خاک‌های چسبنده

نوع خاک	فشار مجاز (kg/cm^2)
رس‌های خیلی سفت و سخت	۶-۳
رس‌های سخت	۳ - ۱/۵
رس‌های محکم	۱/۵ — ۰/۷۵
رس‌های نرم و لای	۰/۷۵ — ۰
رس‌های خیلی نرم	صفر

جدول (۱- ۲۴) مقاومت فشاری مجاز تعدادی از خاک‌های غیرچسبنده (خشک و اشباع)

نوع سنگ	فشار مجاز خاک خشک (kg/cm^2)	فشار مجاز خاک اشباع (kg/cm^2)
سنگ‌ریزه متراکم و سنگ‌ریزه ماسه‌ای با شن متراکم	بیش از ۶	بیش از ۳
شن با تراکم متوسط، شن ماسه‌ای با تراکم متوسط	۶-۲	۳-۱
شن سست و شل و شن ماسه‌ای و شل	کمتر از ۲	کمتر از ۱
ماسه متراکم	بیش از ۳	بیش از ۱/۵
ماسه با تراکم متوسط	۳-۱	۱/۵ — ۰/۵
ماسه سست و شل	کمتر از یک	کمتر از ۰/۵

یکی دیگر از مشخصه‌های تعیین کننده مقاومت مکانیکی، میزان وزن مخصوص یا چگالی خاک می‌باشد. به طور کلی وزن مخصوص خاک (وزن مخصوص حقیقی) عبارت است از وزن مخصوص دانه‌های جامد خاک، که با

افزایش مواد آلی این میزان کاهش می‌یابد. جدول (۱- ۲۵) مشخصه انواع خاک و برخی پارامترهای مقاومت مکانیکی را نشان می‌دهد.

جدول (۱- ۲۵) مشخصه انواع خاک‌ها

طبقه‌بندی	علامت مشخصه	رنگ	نوع	وزن مخصوص (Ton/m^3)
شن و خاک‌های شنی	GW	قرمز	شن ماسه‌ای مخلوط خوب	۲ - ۲/۲
	GP		شن ماسه‌ای مخلوط نامتجانس	۱/۸ – ۲
	GM	زرد	شن لای‌دار	۱/۹ – ۲/۲
	GC		شن رسی	۱/۸ – ۲/۱
ماسه و خاکه‌ای ماسه‌ای	SW	قرمز	ماسه شنی مخلوط خوب	۱/۷ – ۲/۱
	SP		ماسه شنی مخلوط بد	۱/۶ – ۱/۹
	SM	زرد	ماسه لایدار	۱/۷ – ۲
	SC		ماسه رسی	۱/۹ -۲
لای و رس	ML	سبز	لای ماسه‌ای یا شنی	۱/۵ – ۱/۹
	CL		رسی ماسه‌ای یا شنی	۱/۵ – ۱/۹
	OL		لای آلی، مخلوط با مواد آلی	۱/۳ - ۱/۶
	MH	آبی	لای رسی	۱/۱ – ۱/۵
	CH		رس	۱/۲ – ۱/۷
	OH		رس مخلوط با مواد آلی	۱ – ۱/۶

مقاومت برشی توده خاک را می‌توان به صورت مقاومت داخلی واحد سطح آن خاک دانست که می‌تواند برای مقابله با گسیختگی یا لغزش در امتداد هر صفحه داخلی بروز دهد. درصورتی که مقدار تنش برشی بار روی خاک از مقدار مقاومت برشی خاک بیشتر باشد، خاک‌های زیرین روی سطح خاک شروع به ریزش و نشست می‌کند. توجه به این شاخص در طراحی فونداسیون بسیار مهم می‌باشد.

۱-۸-۳-۲- کلاسه‌بندی بر اساس آزمایش میزان نفوذ استاندارد

یکی از شاخص‌های مهم و پرکاربرد در تعیین مقاومت مکانیکی خاک، استفاده از آزمایش میزان نفوذ استاندارد (SPT) می‌باشد. با انجام این آزمایش می‌توان تا حد بسیار خوبی به اطلاعات مقاومتی خاک و همچنین دیگر شاخص‌های خاک دسترسی پیدا کرد. جدول (۱- ۲۶) همبستگی پارامترهای خاک و عدد SPT را نشان می‌دهد.

جدول (۱- ۲۶) همبستگی پارامترهای خاک و عدد SPT

توصیف	زاویه اصطکاک داخلی (درجه)	D_r (%) (دانسیته خاک)	$\gamma\left(KN/m^3\right)$ (وزن مخصوص)	N_{60} (عدد SPT اصلاح شده)
خیلی شل	<۲۸	۰-۱۵	۱۱-۱۳	۰-۳
شل	۲۸-۳۰	۱۵-۳۵	۱۴-۱۶	۳-۹
متوسط	۳۰-۳۶	۳۶-۶۵	۱۷-۱۹	۹-۲۵
متراکم	۳۶-۴۰	۶۵-۸۵	۲۰-۲۱	۲۵-۴۵
خیلی متراکم	>۴۱	>۸۵	>۲۱	>۴۵

۱-۸-۳-۳- کلاسه‌بندی مقاومت مکانیکی خاک از دیدگاه استاندارد ۲۸۰۰

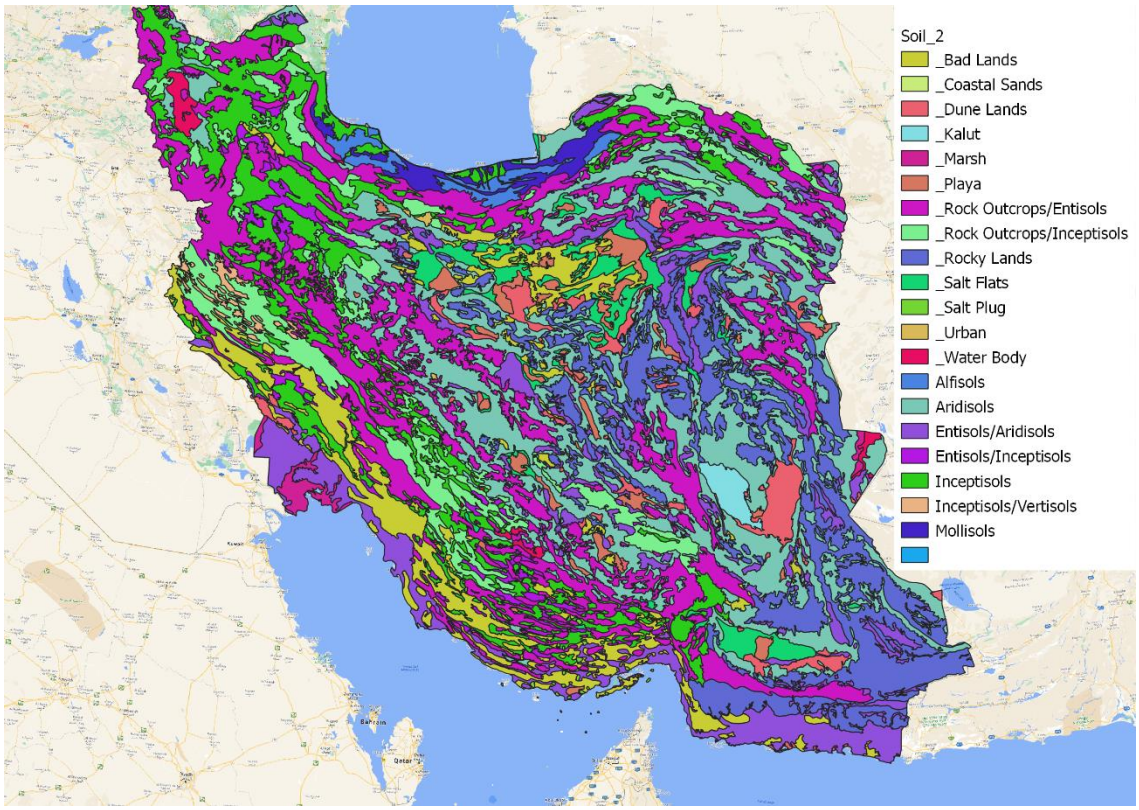
یکی از مراجع مهم در ارتباط با طبقه‌بندی انواع زمین، بررسی نوع زمین از دیدگاه استاندارد ۲۸۰۰ براساس نقشه‌های پهنه‌بندی ژئوتکنیکی می‌باشد. از دیدگاه استاندارد ۲۸۰۰ خاک‌ها به چهار تیپ دسته‌بندی می‌شوند. خاک‌های تیپ ۱، مستحکم‌ترین خاک‌های سطحی هستند. طوری که بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰، سنگ‌ها و شبه‌سنگ‌ها در این دسته قرار می‌گیرند. سرعت موج برشی عبوری از آن‌ها بیشتر از ۷۵۰ متر بر ثانیه است. این نوع خاک‌ها عمدتا از سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی تشکیل شده‌اند. حداکثر مجاز مصالح ضعیف در این نوع خاک ۵ متر است. خاک‌های خیلی متراکم یا سنگ‌های سست در تیپ ۲ قرار می‌گیرند. این دسته از خاک‌ها شامل شن و ماسه متراکم، رس بسیار سخت با ضخامتی بیش از سی متر می‌باشد. سرعت موج برشی در خاک‌های نوع دو بین ۳۷۵ تا ۷۵۰ متر بر ثانیه است. از جمله سنگ‌هایی که در این دسته قرار می‌گیرند، سنگ‌های آذرین و رسوبی سست مانند توف و یا سنگ متورق و هوازده می‌باشد. خاک‌های تیپ ۳ خاک‌های با تراکم متوسط می‌باشند. سنگ‌های متلاشی شده در اثر هوازدگی جز این دسته هستند. همچنین خاک‌های با تراکم متوسط، طبقات شن و ماسه با پیوند متوسط جزء دسته خاک‌های نوع سه هستند. سرعت موج برشی در خاک‌های نوع سه بین ۱۷۵ تا ۳۷۵ متر بر ثانیه است. نرم بودن خاک اصلی‌ترین ویژگی خاک‌های نوع چهار است. هرگونه پروفیل خاک که شامل حداقل ۶ متر خاک رس با اندیس خمیری بیشتر از ۲۰ و رطوبت بیشتر از ۴۰ باشد جزء خاک‌های تیپ چهار است. به عنوان مثال نهشته‌های نرم با رطوبت زیاد در اثر بالا بودن سطح آب زیرزمینی خاک نوع چهار است. سرعت موج برشی در این خاک‌ها کمتر از ۱۷۵ متر بر ثانیه است.

در ارتباط با شاخص‌های بیان شده ذکر این نکته حائز اهمیت است که اگرچه شاخص‌های متعددی موجود می‌باشد، اما با استخراج یک یا دو شاخص می‌توان تقریباً به شاخص‌های دیگر و به میزان مناسبی مقاومت مکانیکی خاک

دست یافت. به عنوان نمونه با اطلاع از مقدار شاخص ضریب نفوذ استاندارد (SPT) می‌توان تا حد قابل قبولی به مقادیر سایر شاخص‌ها از قبیل نوع خاک، زاویه اصطکاک و وزن مخصوص مطابق جدول (۱- ۲۶) دست یافت. از طرف دیگر اهمیت اطلاع از وضعیت خاک در فرآیند فلسفه طراحی شبکه‌های توزیع نیرو در انتخاب فونداسیون مناسب می‌باشد. در فرآیند طراحی فونداسیون ابتدا بارهای وارده بر زمین محاسبه می‌شود، سپس نیاز به استخراج مشخصات خاک و مقاومت مکانیکی آن به منظور برآورد و انتخاب نوع فونداسیون می‌باشد. در نهایت عمق، ابعاد، ضخامت و آرماتور فونداسیون محاسبه و اعمال می‌شود.

۱-۸-۳-٤- روش‌های تخمین و ارزیابی مقاومت مکانیکی خاک

در راهبرد اول و بر اساس آنچه در رابطه با دسته‌بندی زمین از نظر نوع خاک بیان شد می‌توان حدود مقاومت مکانیکی را تا حد قابل قبولی تخمین زد. بدین منظور نیاز به پهنه‌بندی کشور براساس انواع خاک می‌باشد که اطلاعات این پهنه‌بندی موجود است. منابع اطلاعاتی موجود در این زمینه اطلاعات طبقه‌بندی نوع زمین انواع شهرها براساس استاندارد ۲۸۰۰، بانک اطلاعات ژئوتکنیک و اطلاعات موسسه تحقیقات خاک و آب می‌باشد. شکل (۱- ۲۶) نمایی از پهنه‌بندی کشور از دیدگاه نوع خاک را نشان می‌دهد.



شکل (۱- ۲۶) پهنه‌بندی از نظر جنس خاک

در راهبرد دوم می‌توان پهنه‌بندی مقاومت مکانیکی را به صورت دقیق‌تر و براساس اطلاعات شاخص‌های اندازه‌گیری شده در نقاط مختلف در بستر GIS و استفاده از قابلیت درون‌یابی این ابزار استخراج کرد. لازمه استخراج این شاخص‌ها و پهنه‌بندی مورد نظر اطلاع از مطالعات ژئوتکنیکی کشور می‌باشد. مهم‌ترین منابع اطلاعاتی این شاخص‌ها بانک اطلاعات ژئوتکنیک کشور، شرکت‌های دولتی و خصوصی، اطلاعات نظام مهندسی راه و ساختمان کشور، گزارشات خط لوله، فاضلاب شهری می‌باشد. اگرچه استفاده از این راهبرد نتایج دقیق‌تری دارد اما استخراج اطلاعات مورد نیاز نیازمند زمان و بررسی قابل توجهی می‌باشد. در میان منابع اطلاعاتی موجود دستیابی به بانک مطالعات ژئوتکنیک کشور (https://geotech.bhrc.ac.ir/) به صورت رایگان و آزاد می‌باشد. اطلاعات موجود در این سایت متشکل از گزارشات آزمایشات خاک صورت گرفته در عملیات‌های اجرایی در کشور می‌باشد که بسیار گسترده و پراکنده می‌باشد. از این رو ممکن است نیاز به دیگر منابع همچون اطلاعات گزارشات خطوط انجام شده در گذشته، گزارشات نظام مهندسی راه و ساختمان کشور، گزارشات خط لوله، فاضلاب شهری باشد. کلاسه‌بندی پیشنهادی برای مقاومت مکانیکی خاک مطابق جدول (۱- ۲۷) است. کلاسه‌بندی پیشنهادی برای زمین نیز در جدول (۱- ۲۸) ارائه شده است.

جدول (۱- ۲۷) کلاسه‌بندی پیشنهادی مقاومت مکانیکی خاک

طبقه‌بندی	علامت مشخصه	رنگ	نوع	وزن مخصوص (gr/cm^3)	مقاومت
شن و خاک‌های شنی	GW	قرمز	شن ماسه‌ای مخلوط خوب	۲/۲ -۲	خوب
	GP		شن ماسه‌ای مخلوط نامتجانس	۲ – ۱/۸	خوب
	GM	زرد	شن لای‌دار	۲/۲ – ۱/۹	خوب
	GC		شن رسی	۲/۱ – ۱/۸	خوب
ماسه و خاکه‌ای ماسه‌ای	SW	قرمز	ماسه شنی مخلوط خوب	۲/۱ – ۱/۷	خوب
	SP		ماسه شنی مخلوط بد	۱/۹ – ۱/۶	خوب تا متوسط
	SM	زرد	ماسه لای دار	۲ – ۱/۷	خوب تا متوسط
	SC		ماسه رسی	۲ - ۱/۹	متوسط
لای و رس	ML	سبز	لای ماسه‌ای یا شنی	۱/۹ – ۱/۵	بد
	CL		رسی ماسه‌ای یا شنی	۱/۹ – ۱/۵	متوسط
	OL		لای آلی، مخلوط با مواد آلی	۱/۶ - ۱/۳	متوسط
	MH	آبی	لای رسی	۱/۵ – ۱/۱	بد
	CH		رس	۱/۷ – ۱/۲	متوسط تا بد
	OH		رس مخلوط با مواد آلی	۱/۶ – ۱	خیلی بد

جدول (۱- ۲۸) کلاسه‌بندی پیشنهادی زمین [۴۲]

سطح سختی خاک	توضیحات
خاک تیپ یک	این نوع از خاک سنگ و شبه سنگ بوده و شامل سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک‌های سیمانته بسیار محکم با حداکثر ۵ متر مصالح ضعیف‌تر تا سطح زمین جزو خاک تیپ ۱ می‌باشند. سرعت موج برشی عبوری در خاک تیپ یک بیشتر از ۷۵۰ متر بر ثانیه است.
خاک تیپ دو	خاک خیلی متراکم یا سنگ سست، شامل شن و ماسه خیلی متراکم، رس بسیار سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر که مشخصات مکانیکی آن با افزایش عمق به تدریج بهبود یابد، جزو خاک تیپ ۲ می‌باشند. سرعت موج برشی در خاک تیپ ۲ بین ۳۷۵ تا ۷۵۰ متر بر ثانیه است.
خاک تیپ سه	خاک متراکم تا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس‌های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر جز خاک تیپ ۳ می‌باشند. سرعت موج برشی در خاک تیپ سه بین ۱۷۵ تا ۳۷۵ متر بر ثانیه است.
خاک تیپ چهار	خاک متوسط تا نرم، لایه‌های خاک غیرچسبنده یا با کمی خاک چسبنده با تراکم متوسط تا کم، لایه‌های خاک کاملا چسبنده نرم تا محکم جز خاک تیپ ۴ می‌باشند. سرعت موج برشی در خاک تیپ چهار کمتر از ۱۷۵ متر بر ثانیه است.

۱-۸-٤- کلاسه‌بندی پارامتر خورندگی خاک

خورندگی خاک نوعی واکنش شیمیایی و الکتروشیمیایی بین خاک و اجسام مدفون در آن می‌باشد که سبب آسیب دیدن فلزات بدون پوشش و اجزای بتنی مدفون در آن می‌گردد. خاک تحت شرایط خاصی به مثابه یک الکترولیت عمل نموده و جریان دائمی بین خاک و اجزای فلزی نظیر میلگرد و لوله‌های مدفون در آن به وجود می‌آید که در نهایت سبب خوردگی فلزات خواهد شد. خورندگی خاک در نواحی شهری موجب پوسیدگی لوله‌های فلزی آب، گاز، تیرهای چراغ برق، مخازن آب و سوخت زیرزمینی، پی ساختمان‌ها، پوشش بتنی کانال‌ها و جداول حاشیه خیابان‌ها شده و سالیانه هزینه هنگفتی را به جوامع تحمیل می‌کند.

خورندگی خاک یکی از پارامترهای مهم زمین‌شناسی در موضوع طراحی شبکه توزیع برق است. تخریب پایه‌های بتونی، فلزی و چوبی و از بین رفتن اتصالات و تاسیسات ارت از جمله تأثیرات این پارامتر است که به وفور در نقاط مختلف کشور مشاهده می‌شود. این موضوع سالانه هزینه بالایی را به شبکه توزیع برق کشور وارد می‌کند و باعث خاموشی‌های زیادی نیز در شبکه می‌شود.

پتانسیل خورندگی خاک بر اساس پارامترهای مقاومت الکتریکی، PH، پتانسیل اکسیداسیون و احیا، میزان سولفید و رطوبت خاک مشخص می‌گردد. خورندگی فلزات بدون پوشش، تابعی از پارامترهایی نظیر رطوبت، بافت خاک،

میزان نمک‌های محلول، اسیدیته، مقاومت الکتریکی، میزان دسترسی به اکسیژن، ظرفیت تبادل یونی و فعالیت‌های بیولوژیکی می‌باشد. خورندگی بتن علاوه بر پارامترهای فوق به درصد سولفات سدیم، منیزیم، کلسیم و نیز خصوصیات بتن وابسته است. به طورکلی پدیده خورندگی فلزات و بتن در همه خاک‌ها وجود دارد ولی شدت و ضعف آن تابعی از شرایط مواد و محیط می‌باشد.

اثر خصوصیات شیمیایی را با اندازه‌گیری فاکتورهایی نظیر PH، مقاومت الکتریکی و درصد نمک‌های قابل حل، به خصوص کلرید و سولفات می‌توان تعیین نمود. وجود نمک‌های قابل حل در آب و نیز یون‌های سدیم، پتاسیم و کلر سبب افزایش استعداد خورندگی خاک خواهد شد. سولفات سدیم، منیزیم و کلسیم به ترتیب بیشترین خورندگی را در بتن ایجاد می‌کنند. یون سولفات با ترکیبات آبدار سیمان معمولی واکنش ایجاد نموده و سبب شستشوی اجزای سیمان، انبساط آن و در نهایت تخریب بتن می‌گردد. کیفیت بتن و تخلخل آن نیز در این پدیده نقش به سزایی دارد. کلرید و دیگر نمک‌ها در بتن سخت شده، تأثیری ندارد، اما سبب خورندگی اجزای فلزی خواهند شد. تأثیر نمک‌های کلرید و سایر نمک‌ها در خورندگی فلزات به صورت غیرمستقیم می‌باشد. افزایش درصد املاح نمک در خاک مرطوب، هدایت الکتریکی را افزایش داده و سبب خورندگی الکتریکی فلزات می‌گردد. خاک‌های قرمز، قهوه‌ای و زرد رنگ که دارای اکسید آهن می‌باشند و در شرایط اکسیدان تشکیل شده‌اند، خورندگی کمتری نسبت به خاک‌های خاکستری رنگ مربوط به محیط احیایی دارند [۲۳].

موقعیت سازه‌های مدفون در خاک نسبت به تراز آب زیرزمینی و زون موئینه، پارامتر مهمی در خورندگی خاک محسوب می‌شود. در بالای تراز آب زیرزمینی شرایط زهکشی، رطوبت خاک، میزان دی‌اکسیدکربن و اکسیژن محلول در آب از جمله پارامترهای تعیین کننده در خورندگی خاک هستند [۲۳].

از نظر بافت، خاک‌ها را می‌توان به گروه خاک‌های ریزدانه و درشت‌دانه تقسیم نمود. در خاک‌های درشت‌دانه نظیر شن و ماسه که دارای نفوذپذیری بالا می‌باشند آب به راحتی در خاک جریان می‌یابد و شستشوی خاک به راحتی صورت می‌گیرد و خاک در شرایط هوازی است. در این خاک‌ها نمک‌های قابل حل کمتر است و هدایت الکتریکی خاک نیز کم می‌باشد. لذا از نظر خورندگی دارای استعداد کمتری هستند. در مقابل خاک‌های ریزدانه به علت درصد رطوبت بالاتر و نمک‌های محلول بیشتر، استعداد خورندگی بیشتری دارند. از اینرو توصیه می‌شود ظرفیت نگهداشت رطوبت خاک‌های پرکننده اطراف لوله‌ها و سازه‌های مدفون کم باشد. معمولاً برای این منظور از شن و ماسه فاقد ذرات بزرگتر از ۳اینچ که به خوبی متراکم شده‌اند استفاده می‌شود. براساس مطالعات گسترده‌ای که بر روی خورندگی فلزات مدفون در خاک‌ها انجام شده است، در خاک‌های دست نخورده صرفنظر از بافت

خاک به علت اینکه درصد اکسیژن در عمق چندمتری زیرسطح زمین یا در زیر سطح آب بسیار کم می‌باشد، استعداد خورندگی خاک ناچیز خواهد بود.

جهت مطالعات بررسی خورندگی خاک، هرچه نسبت درصد رسوبات دانه ریز رسی و سیلتی در خاک افزایش پیدا کند، به علت داشتن املاح محلول گچی و نمکی و نیز ویژگی‌های الکتروشیمیایی، خود موجب تشدید خوردگی فلزات مدفون در آن‌ها می‌شوند. مقاومت ویژه ظاهری رسوبات رسی و مارنی دارای املاح مزبور غالباً کمتر از ۲۰ اهم متر بوده و در شرایط داشتن آب شور، به کمتر از ۱۰ اهم متر کاهش پیدا می کند که خود معیار خوبی برای تشخیص مناطق خورنده خاک می‌باشد. این مقاومت ویژه توسط روش‌های ژئوالکتریک به دست می‌آید [۲۴]. کلاسه‌بندی پیشنهادی خورندگی خاک بر اساس مقاومت ویژه الکتریکی آن در جدول (۱- ۲۹) ذکر شده است.

جدول (۱- ۲۹) کلاسه‌بندی پیشنهادی خورندگی خاک بر اساس مقاومت ویژه الکتریکی [۲۵, ۲۶]

مقاومت ویژه الکتریکی	محدوده مقاومت ویژه بر حسب ohm-cm	استعداد خورندگی
کم	کمتر از ۲۰۰۰	شدید
متوسط	بین ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰	متوسط
زیاد	بین ۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰	کم
خیلی زیاد	بیش از ۲۰۰۰۰	خیلی کم

۱-۸-٤-۱- خوردگی فلزات مدفون در خاک

فلزات در خاک تحت طیف وسیعی از نیروهای خورنده قرار می گیرد. با وجود بیش از ۲۰۰ نوع مختلف خاک در آمریکای شمالی، میزان خوردگی در خاک متنوع است و پیش‌بینی آن دشوار است. فلزات برای خوردگی به اکسیژن، رطوبت و وجود نمک‌های محلول نیاز دارند. اگر هر یک از این موارد وجود نداشته باشد، واکنش خوردگی متوقف می‌شود یا بسیار کند پیش می‌رود. فلزات در محیط‌های اسیدی به سرعت دچار خوردگی می‌شوند و با افزایش میزان قلیائی خاک، فرآیند به آرامی پیش می‌رود و یا اصلاً رخ نمی‌دهد. میزان خوردگی فلزات در خاک می‌تواند از کمتر از ۰/۲ میکرون در سال در شرایط مطلوب تا ۲۰ میکرون در سال یا بیشتر در خاک‌های بسیار تهاجمی باشد [۲۷].

خوردگی فلزات در خاک بسیار متغیر است و در حالی که محیط خاک پیچیده است، می‌توان در مورد انواع خاک و خوردگی به رویکردی واحد رسید. اصلی‌ترین عواملی که باعث خورندگی خاک می‌شوند، میزان رطوبت، مقاومت الکتریکی خاک، سطح PH و کلریدها هستند. این شرایط خاک تحت تأثیر خصوصیات اضافی مانند

هوادهی، دما، مقاومت و بافت یا اندازه ذرات قرار می‌گیرد. خاک ماده‌ای بسیار ناهمگن است که از سه فاز جامد، گازی و آبی تشکیل شده است. دسترسی گاز (هوا) به خاک به نفوذپذیری آن بستگی دارد. خاک‌های دانه درشت‌تر امکان دسترسی اکسیژن به سطح زیرین را فراهم می‌کند و میزان خوردگی فلزات را نسبت به مناطقی که اکسیژن کمتری دارند، افزایش می‌دهد. شکل (۱– ۲۷) نمایی از خوردگی فلزات در خاک را نشان می‌دهد.

شکل (۱- ۲۷) تصویری از خوردگی آهن

فاز مایع یا رطوبت خاک اجازه می‌دهد تا خوردگی ادامه یابد. اسیدیته نسبی محلول آبی مهمترین عامل در میزان خوردگی است. در PH پایین تکامل هیدروژن تمایل به جلوگیری از تشکل لایه محافظ دارد، بنابراین خوردگی فلزات ادامه دارد. اما در محلول‌های قلیایی، لایه‌های محافظ ایجاد می‌شوند و میزان خوردگی را کاهش می‌دهند. هر چه خاصیت قلیائی خاک بیشتر باشد، سرعت حمله کندتر می‌شود. در محلول‌های خنثی، عوامل دیگری مانند هوادهی اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند. بنابراین ارائه نتیجه کلی دشوارتر است. چهار متغیر با بیشترین تأثیر بر میزان خوردگی عبارتند از:

- کلریدها: وجود یون های کلرید باعث می‌شود مقاومت کم شود و فلز در معرض خوردگی قرار گیرد. سطح رطوبت بالا در خاک، همراه با کلریدها، باعث افزایش میزان خوردگی می‌شوند.
- رطوبت: برای فلزات گالوانیزه گرم، مقدار رطوبت خاک در درجه اول بر فعالیت یون‌های کلرید تأثیر می‌گذارد. اگر میزان رطوبت زیر ۱۷/۵ درصد بود، غلظت یون کلرید به میزان قابل توجهی بر میزان خوردگی تأثیر نمی‌گذارد. اگر میزان رطوبت بالاتر از ۱۷/۵ درصد باشد، غلظت یون کلرید تأثیر قابل توجهی بر میزان خوردگی دارد.

- PH: هرچه مقدار PH خاک کمتر باشد، دارای سرعت خوردگی بالاتری است. اگر PH بالاتر از ۷ باشد، در نتیجه سرعت خوردگی خاک بیشتر است.
- مقاومت الکتریکی: این پارامتر از غلظت یون کلرید پیروی می کند؛ به این معنی که مقاومت بالاتر به معنی محتوای یون کلرید کمتر و میزان خوردگی کمتر است.

بر اساس نکات ارائه شده در بالا پارامترهای PH و مقاومت الکتریکی خاک از مهمترین پارامترها در تعیین میزان خوردگی است. البته در صورتی که میزان مقادیر رطوبت و کلرید قابل توجه باشد باید لحاظ شود. جدول (۱- ۳۰) کلاسه‌بندی پیشنهادی خوردگی بر اساس PH و کلاسه‌بندی پیشنهادی بر اساس شاخص مقاومت الکتریکی می‌باشد [۲۵].

جدول (۱- ۳۰) کلاسه‌بندی خورندگی خاک با پارامتر های مقاومت و PH [۲۸]

خوردگی	مقاومت خاک (اهم در سانتی متر)	PH
زیاد	-	۳,۵>
زیاد	<۴۵۰۰	۴/۵ – ۳/۵
زیاد- متوسط	>۴۵۰۰	
زیاد	<۴۵۰۰	۵/۵ – ۴/۵
زیاد- متوسط	۵۰۰۰-۴۵۰۰	
متوسط	>۵۰۰۰	
زیاد	<۱۰۰۰	۶ - ۵/۵
زیاد- متوسط	۵۰۰۰-۱۰۰۰	
متوسط	۱۰۰۰۰-۵۰۰۰	
متوسط-کم	>۱۰۰۰۰	
زیاد	<۱۰۰۰	۹/۵ – ۶
زیاد-متوسط	۳۰۰۰-۱۰۰۰	
متوسط	۱۰۰۰۰-۳۰۰۰	
متوسط- کم	۲۰۰۰۰-۱۰۰۰۰	
کم	>۲۰۰۰۰	

در مواردی که PH خاک به صورت یکسان در تمامی سطوح خاک اندازه‌گیری شده است می‌توان به جدول (۱- ۳۱) رجوع کرد.

جدول (۱- ۳۱) جدول خوردگی خاک با پارامتر الکتریکی خاک مقاومت [۲۶, ۲۸]

خوردگی	مقاومت خاک (اهم در سانتی متر)
خوردگی شدید	<۱۰۰۰
خوردگی زیاد	۱۰۰۰-۳۰۰۰
خوردگی نسبتا زیاد	۳۰۰۰-۵۰۰۰
خوردگی متوسط	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰
خوردگی کم	۱۰۰۰۰-۲۰۰۰۰
بدون خوردگی	>۲۰۰۰۰

بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مربوط به خوردگی خاک برای ایجاد روش ارزیابی خاصیت خورنده خاک با مراجعه به استاندارد ارزیابی آلمان DIN50929 کشف و اتخاذ شده است [۲۹]. در [۲۷] شاخص بافت خاک، مقاومت الکتریکی، مقدار PH، مقدار آب، محتوای کلسیم محلول، محتوای SO_4^{-2} محلول، ظرفیت هوا، پتانسیل Redox و دمای متوسط سالانه منطقه‌ای برای ارزیابی خاصیت خورنده خاک برای فلزات دفن شده با توجه به نتایج آزمون خاصیت خورنده خاک در ۱۲۰ پست ترانسفورماتور مطالعه شده است.

۱-۸-۵- کلاسه‌بندی پارامتر مقاومت الکتریکی خاک

همانطور که گفته شد، پارمتر مقاومت الکتریکی خاک[۱] با شاخص اهم متر، یکی از معیارهای اصلی در تشخیص میزان خورندگی خاک است. در این بخش اما هدف پرداختن به پارامتر مقاومت الکتریکی خاک به تنهایی است. این پارامتر در طراحی سیستم ارت اثرگذار است. از آنجا که منظور اصلی ایجاد پایانه زمین (ارت) تخلیه الکتریکی جریان‌های ناخواسته می‌باشد، خاک‌های دارای مقاومت ویژه الکتریکی پایین‌تر برای ایجاد پایانه زمین (ارت) مناسب‌تر می‌باشند. از این‌رو کارگذاری الکترود زمین (ارت) مانند صفحه یا میله، در محل عمیق‌تر (مانند چاه) یا مرطوب‌تر (مانند فضای سبز) مناسب‌تر است.

مقاومت ویژه خاک‌های رسی، مرطوب و حاوی نمک پایین است. متقابلاً مقاومت ویژه خاک‌های خشک، سنگلاخی و صخره‌ای زیاد است، بنابراین برای احداث پایانه زمین مناسب نیستند. مقادیر تقریبی مقاومت ویژه الکتریکی خاک برای تعدادی از خاک‌های رایج به نقل از استاندارد در جدول (۱– ۳۲) آورده شده است. کلاسه‌بندی پیشنهادی این پارامتر نیز در جدول (۱– ۳۳) ارائه شده است.

[۱] Soil Resistivity

جدول (۱- ۳۲) مقاومت الکتریکی ویژه برخی از انواع خاک

Soil Type	مقاومت الکتریکی (اهم- متر)	نوع خاک
Swampy terrain	30	زمین های باتلاقی و لجنزار
Jurassic marl	30-40	مارل دوره ژوراسیک
Soft Clay	50	خاک های نرم رسی
Humid peat	5-100	خاک های نم دار ذغال سنگی
Silt	20-100	زمین های گل و لایی
Humus	10-150	خاک های نباتی و گیاه دار (زراعتی)
Marl and compact clay	100-200	مارل یا رس فشرده
Schist	50-300	سنگ ورقه ای
Soft limestone	100-300	سنگ های آهکی نرم
Clayey sand	50-500	خاک های متشکل از رس و ماسه
Grass covered stony soil	300-500	خاک های سنگی با پوشش گیاهی
Granite & sandstone little altered	100-600	گرانیت یا ماسه سنگ کم آلتره شده
Mica Schist	800	میکاشیست
Cracked limestone	500-1000	سنگ های آهکی شکاف دار
Siliceous sand	200-3000	ماسه سنگ سیسیلی
Bare stone soil	1500-3000	خاک های سنگی بدون پوشش گیاهی
Compact limestone	1000-5000	سنگ های آهکی فشرده
Granite & sandstone depending on alteration	1500-10000	گرانیت یا ماسه سنگ آلتره شده

جدول (۱- ۳۳) کلاسه‌بندی پیشنهادی بر اساس نتایج اندازه‌گیری [۲۷]

موضوع	معمولی	سنگین	فوق سنگین
مقاومت ویژه الکتریکی خاک	کمتر از ۱۰ اهم	بین ۱۰ تا ۱۰۰ اهم	بیش از ۱۰۰ اهم

۱-۸-۶- کلاسه‌بندی پارامتر مقاومت حرارتی خاک

مقاومت حرارتی خاک در طراحی و اجرای سیستم‌های توزیع برق زمینی بسیار مهم است. با عبور جریان الکتریسیته از یک هادی، گرما تولید می‌شود، حال اگر این کابل به صورت زمینی اجرا شده باشد، مقاومت در برابر جریان گرمایی بین کابل و محیط باعث افزایش دمای کابل می‌شود. افزایش متوسط دما در محدوده‌ای است که کابل برای آن طراحی شده است. اما دمای بالاتر از دمای طراحی، باعث کاهش عمر کابل می‌شود. خرابی فاجعه بار هنگامی رخ می‌دهد که دمای کابل بیش از حد بالا رود، همانطور که در اوکلند نیوزیلند در سال ۱۹۹۸ اتفاق افتاد. از آنجا که خاک در مسیر جریان گرمایی بین کابل و محیط قرار دارد، بنابراین بخشی از مقاومت حرارتی را تشکیل می‌دهد. به این ترتیب در انجام طراحی شبکه زمینی بایستی ویژگی‌های حرارتی خاک نیز مد نظر باشد. بر اساس انتخاب تجهیزات و اهمیت طراحی صحیح، کلاسه‌بندی پیشنهادی مطابق جدول (۱- ۳۴) است.

جدول (۱- ۳۴) مرزبندی هدایت گرمایی خاک

کلاس بندی	مقاومت گرمایی کیلومتر بر وات
هدایت کم	0.5-2
هادی معمولی	2.1-2.9
هدایت زیاد	3<

طبقه‌بندی خاک از دیدگاه مقاومت حرارتی به شرح زیر است:

- کلاس خاک گرمایی A- خاک نرمال: از خاک رس، لجن و خاک رس، لجن و ماسه تشکیل شده است. این کلاس به سطح آب زیرزمینی بستگی ندارد اما انتظار می‌رود که محتوای مرطوب خاک را در طول سال حفظ کند.
- کلاس خاک حرارتیB – خاک خشک: متشکل از شن و ماسه سنگین بوده و ماسه سنگین پر شده از خاک منسجم و اصطکاکی نیز از این دسته است. تمام این خاک‌ها باید دارای یک جدول آب زیرزمینی عمیق‌تر از ۱/۵ متر باشند (هر دو معیار مربوط به نوع خاک و جدول آب زیرزمینی باید رعایت شود).
- کلاس خاک حرارتی C- خاک آلی با محتوای مرطوب نرمال: شامل زغال سنگ مرطوب و سایر خاک‌های آلی با سطح آب زیرزمینی به طور متوسط کمتر از ۱/۵ متر است.
- کلاس خاک حرارتی D- خاک آلی خشک: از زغال سنگ خشک و سایر خاک‌های آلی با سطح آب زیرزمینی به طور متوسط بیش از ۱/۵ متر عمیق باشد، تشکیل می‌شود.
- کلاس خاک گرمایی E- خاک آلی بسیار مرطوب: از زغال سنگ مرطوب و سایر خاک‌های آلی با سطح آب زیرزمینی کم‌عمق‌تر از ۰/۵ متر در طول سال تشکیل شده است.

همانطور که در دسته‌بندی بالا نشان داده شد، میزان رطوبت در تعیین مقاومت حرارتی خاک مهم است. بر اساس نوع خاک مقدار هدایت الکتریکی مقدار مشخصی دارد. به منظور اصلاح مقدار هدایت حرارتی خاک بر اساس میزان رطوبت خاک ضریبی لحاظ می‌شود که در جدول (۱- ۳۵) آمده است:

جدول (۱- ۳۵) ضریب اصلاح مقاومت حرارتی خاک بر اساس رطوبت خاک

رطوبت خاک	ضریب اصلاح
Very wet soil (saturated)	1.21
Wet soil	1.13
Damp soil	1.05
Dry soil	1
Very dry soil (sunbaked)	0.86

۱-۹- پهنه‌بندی از دیدگاه زیست محیطی

شبکه توزیع برق به دلیل گستردگی زیاد و به دلیل آنکه عملاً تا هر سکونت‌گاهی احداث می‌شود، در معرض مخاطرات مختلفی قرار دارد. از دیدگاه مقابل، این گستردگی و وجود هادی‌های برقدار در محیط زیست، موجب وارد آمدن آسیب‌هایی به جانوران و گیاهان هر منطقه می‌شود. کاهش مخاطرات ناشی از شبکه برق عملاً نه تنها باعث کاهش تعداد وقوع خطا و خاموشی می‌شود، بلکه جانوران و گیاهان در مسیر عبور شبکه نیز کمتر آسیب خواهند دید.

پارامترهای مختلفی در این مبحث کلی قابل بررسی است که می‌توان وجود درختان در مسیر شبکه، پرنده‌زدگی و مخاطرات ناشی از پرندگان و مخاطرات ناشی از جانوران دیگر را به عنوان سه گروه اصلی در نظر گرفت.

۱-۹-۱- کلاسه‌بندی از دیدگاه عبور شبکه از میان درختان

عبور شبکه هوایی از مسیرهای جنگلی و حتی مسیرهایی در کنار معابر که درختان بلندی در آن مسیر وجود دارند، غالباً همراه با مخاطراتی ناشی از وقوع اتصال کوتاه‌های گذرا و دائمی، احتمال پارگی سیم در اثر سقوط شاخ و برگ درختان است. علاوه بر این جریان نشتی نیز در این شرایط محتمل است. در شکل (۱- ۲۸) نمونه‌ای از عبور شبکه از کنار درختان و هرس‌های مربوطه را نشان می‌دهد.

شکل (۱- ۲۸) تصویر حریم شبکه برق و درختان- درخت تصویر سمت چپ به تازگی هرس شده

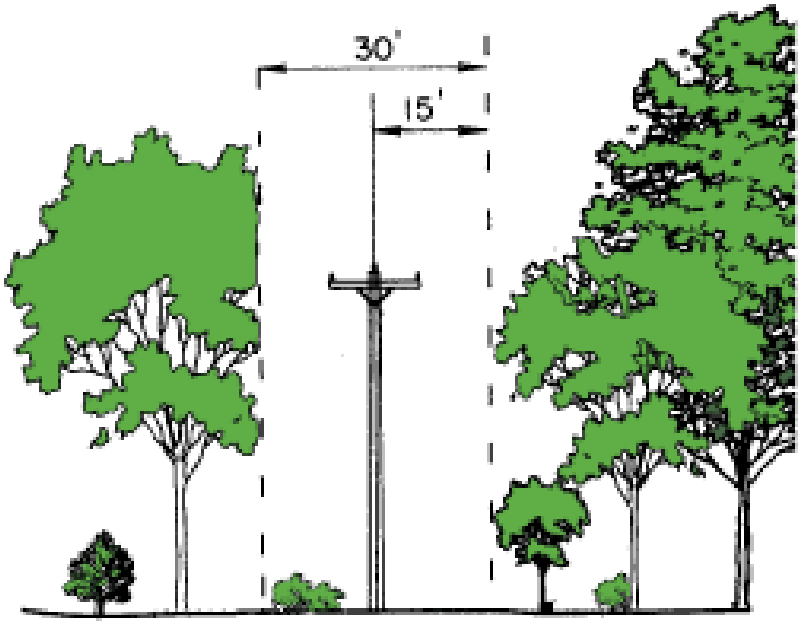
کاهش مشکلات ناشی از عبور شبکه از میان درختان از طریق استفاده از آرایش مناسب، استفاده از هادی روکش‌دار و یا کابل هوایی فاصله‌دار و یا کابل خودنگهدار قابل کاهش است. در شرایطی که وضعیت درختان و حجم آن‌ها امکان هرس را فراهم کند، این عملیات می‌تواند مدنظر باشد.

بررسی‌های انجام شده و تجارب گذشته نشان می‌دهد که از دیدگاه پوشش گیاهی، مهمترین موضوع در واقع درصد طول شبکه از یک بخش مشخص از شبکه در میان شاخ و برگ درختان است. علاوه بر این ارتفاع درختان

نیز متغیر مهم دیگری برای کلاسه‌بندی است. کلاسه‌بندی پیشنهادی از این دیدگاه در جدول (۱- ۳۶) ارائه شده است. در شکل (۱- ۲۹) نیز می‌توان نمونه‌ای از بررسی موضوع رشد درختان در طراحی شبکه را مشاهده نمود.

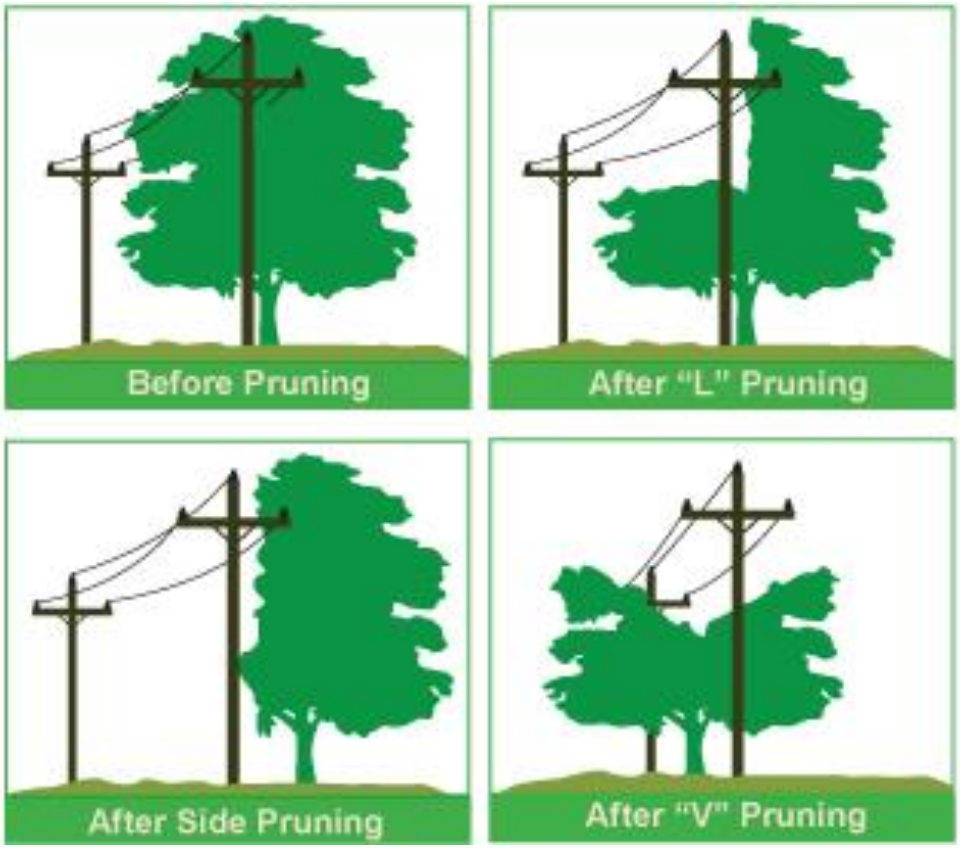
جدول (۱- ۳۶) کلاسه‌بندی پارامتر امکان برخورد شاخ و برگ درختان [۵۶]

عنوان شاخص	معمولی	اضطراری	خطرناک
درصد طول شبکه فشارمتوسط نمونه قابل برخورد با شاخ و برگ درختان طی ۵ سال آینده	زیر ۲۰ درصد	۲۰ تا ۸۰ درصد	بیش از ۸۰ درصد
درصد طول شبکه فشارضعیف نمونه قابل برخورد با شاخ و برگ درختان طی ۵ سال آینده	زیر ۱۰ درصد	۱۰ درصد تا ۹۰ درصد	بیش از ۹۰ درصد



شکل (۱- ۲۹) حریم پایه و شبکه با لحاظ نمودن سرعت رشد گیاه

لازم به ذکر است که برای محاسبه شاخص مورد نظر در جدول فوق، مسیر شبکه به صورت طولی مد نظر است و چگالی درختان در واحد سطح ملاک مورد نظر نیست. به این ترتیب، هم مسیر بودن شبکه و درختان کنار معابر به خوبی در شاخص پیشنهادی دیده می‌شود. در شکل (۱- ۳۰) برخی از انواع روش‌های هرس کردن درختان بر اساس موقعیت شبکه نشان داده شده است.



شکل (۱- ۳۰) نحوه هرس درختان برای حفاظت شبکه توزیع

۱-۹-۲- کلاسه‌بندی از دیدگاه زیست‌گاه‌های جانوری

موضوع زیست‌گاه‌های پرندگان و مسیر کوچ آن‌ها و پدیده مهم پرنده‌زدگی در بخش بعد بررسی می‌شود. در اینجا منظور وجود جانورانی است که به نوعی باعث بروز صدمات تدریجی و یا دفعتی منجر به خاموشی می‌شوند. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که در این موضوع، مخاطرات چندانی در جغرافیای ایران مشاهده نمی‌شود. البته گونه‌های محدودی از جانوران هستند که در محدوده زیست‌گاه خود به دلیل صعود به بلندی شبکه و قرار گرفتن روی کراس آرم می‌توانند باعث ایجاد خاموشی شوند. برای پایه‌های چوبی نیز مخاطرات جدی از طرف جوندگان و همچنین گرازها وجود دارد. مشاهدات میدانی در شمال کشور نشان دهنده آن است که گاه تا نیمی از قطر یک پایه چوبی توسط گرازها جویده شده است. لذا می‌توان گفت که در مناطقی که احتمال حضور چنین پدیده‌هایی وجود دارد، بکارگیری پایه‌های چوبی صحیح نیست و بهتر است در صورت نیاز به پایه‌های سبک برای اجرا از انواع فلزی و یا کامپوزیتی استفاده شود. موضوع دیگر وجود جوندگانی مانند موش در کانال‌های احداث کابل خصوصاً در شهرهای مرطوب‌تر می‌باشد. از بین رفتن عایق کابل‌ها توسط این جانوران، شرایط را برای وقوع اتصال

کوتاه فراهم می‌کند. در این حالت نیز استفاده از روش دفنی و یا در نظر گرفتن تدابیر لازم برای مهار حضور این جوندگان در کانال‌ها ضروری است [۳۰].

سنجاب‌ها از لحاظ غریزی تمایل زیادی به جویدن داشته و در میان حیوانات مختلف، جزء کنجکاوترین حیوانات قرار می‌گیرند. با وجود اینکه همجواری درختان و بوته‌های رشد کرده در کنار تجهیزات و خطوط توزیع تأثیر بسزایی در مزاحمت‌های ناشی از دخالت این جانور بر شبکه برق دارد، اما کنجکاوری غریزی بیش از حد این گونه جانوری، باعث شده است که حذف و چیدن پوشش گیاهی راهکار مطمئنی برای حذف تأثیرگذاری این گونه جانوری نباشد.

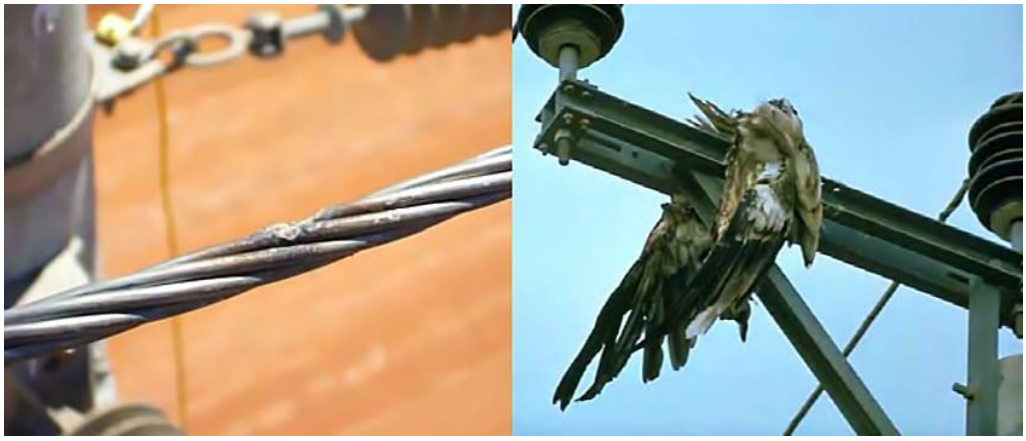
اگر چه گونه‌های مختلفی از سنجاب‌ها در کشورهای مختلف وجود دارند، اما می‌توان گفت که قد این موجودات به طور میانگین ۴۵ سانتی‌متر می‌باشد. بدین ترتیب می‌توان تجهیزات و فواصل عایقی مناسبی تعیین نمود که با حضور این حیوان در فاصله بین دو فاز یا فاز به زمین، اتصالی رخ ندهد. با توجه به فواصل عایقی در نظر گرفته شده در سطوح ولتاژ ۲۰KV به بالا، مشکلات ناشی از سنجاب‌ها در این محدوده ولتاژ تا حدودی برطرف شده است. با این وجود، در سطوح ولتاژ پایین‌تر با توجه به فواصل عایقی کمتری که منظور می‌شود، لازم است برای جلوگیری از تأثیر مستقیم این حیوان تمهیدات بیشتری اندیشیده شود. سنجاب‌ها با انگیزه‌های گوناگون همچون شکار، حرارت و جذابیت لرزش تجهیزات وارد محوطه پست‌ها می‌شوند و باعث بروز اتصالی‌های ناخواسته می‌شوند.

علاوه بر این، جویدن پوسته عایقی کابل‌های برق از دیگر عوامل جذاب برای این گونه جانوری محسوب می‌شود که باعث بروز اتصالی می‌شود. با توجه به اینکه سنجاب‌ها غالباً می‌توانند از روی موانع مختلف عبود کنند، جلوگیری از ورود این حیوانات با استفاده از فنس‌ها و حصارهای مختلف کارساز نبوده و باید برای جلوگیری از تاثیرگذاری این حیوانات، تمهیدات مؤثرتری اندیشیده شود.

با توجه به اینکه مارها از لحاظ طول، اندازه بزرگی دارند و از لحاظ غریزی توانایی بالا رفتن از موانع طبیعی را دارا می‌باشند، این موجودات می‌توانند عامل بروز اتصالی‌های متعددی شوند. دلیل اصلی دخالت مارها در سیستم توزیع، ورود آن‌ها به محوطه پست‌ها برای شکار پرندگان و یا تغذیه از تخم‌های آن‌ها می‌باشد [۳۱].

برخی از گونه‌های پرندگان با توجه به موقعیت شبکه برق و ارتفاع آن ممکن است به ساخت لانه بر فراز پایه‌ها و بر روی کراس آرم علاقه داشته باشند. برای جلوگیری از بروز خطا و اتصال کوتاه فاز به زمین، سطوح مناسبی برای

پرندگان بر روی شبکه در نظر گرفته می‌شود تا روی آن‌ها لانه سازی کنند. در شکل (۱- ۳۱) نمونه‌ای از نتایج برخورد پرندگان و جانوران با شبکه و وقوع اتصال کوتاه نشان داده شده است.



شکل (۱- ۳۱) تصویر چپ: صدمه به هادی رشته‌ای؛ تصویر راست: پرنده‌زدگی [۳۱]

علاوه بر این، با ساخت موانع لازم، سطح مناسب برای نشستن پرندگان بر روی کراس آرم حذف می‌شود. نمونه‌هایی از راهکارهای به کار گرفته شده در شکل (۱- ۳۲) و شکل (۱- ۳۳) نشان داده شده است.

شکل (۱- ۳۲) نمونه‌هایی از پرنده‌زدگی و ساخت آشیانه بر روی شبکه

شکل (۱- ۳۳) تصویری از راهکار به کار گرفته شده برای لانه‌گذاری پرندگان

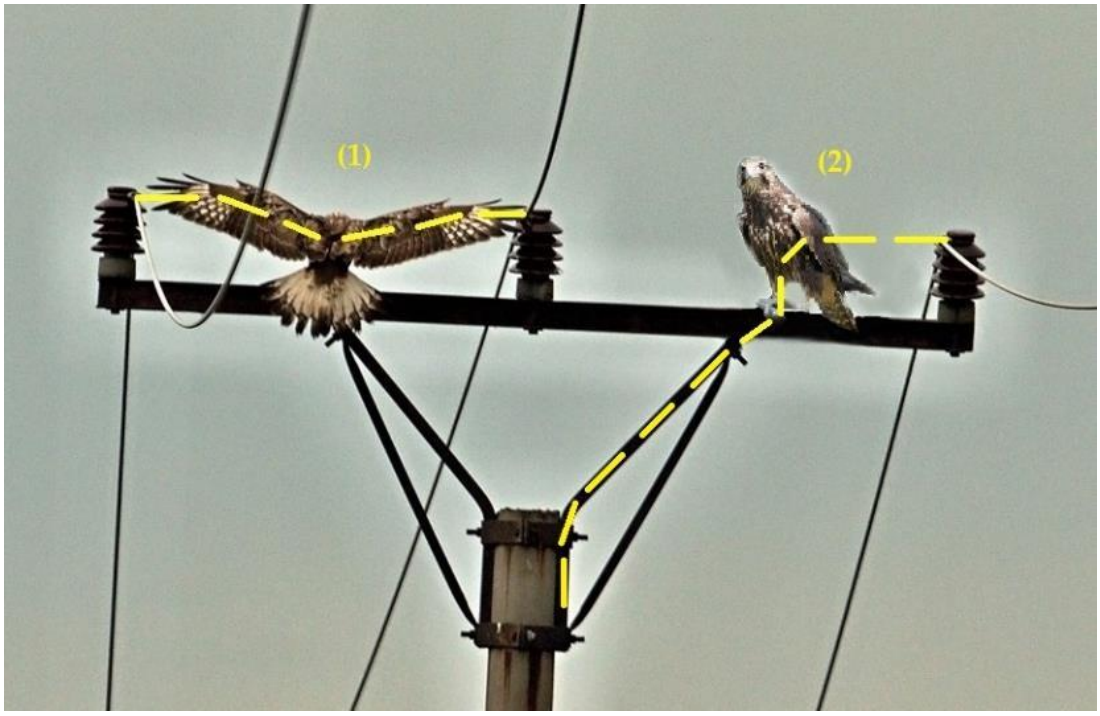
راکن‌ها و راسوها با توجه به جثه بزرگ‌تر نسبت به سایر حیوانات، در صورت ورود به پست‌ها و یا بالارفتن از تیرهای توزیع باعث بروز اتصال کوتاه‌های مختلف همچون فاز به فاز و یا فاز به زمین می‌گردند. دلیل اصلی ورود این موجودات به پست‌ها، کنجکاوری زیاد آن‌ها می‌باشد که با توجه به توانایی آن‌ها در بالارفتن و عبور از موانع، به راحتی می‌توانند وارد محوطه پست‌ها شوند. شکل (۱- ۳۴) و شکل (۱- ۳۵) نمونه‌هایی از حضور این جانوران بر روی شبکه برق نشان داده شده است.

شکل (۱- ۳۴) تصویری از بالارفتن یک سنجاب از شبکه برق

شکل (۱- ۳۵) تصویری از برق گرفتگی یک سنجاب [۳۱]

برق‌گرفتگی در خطوط برق تهدیدی عمده برای بسیاری از گونه‌های پرندگان در سراسر جهان است؛ به‌ویژه گونه‌های در معرض خطر انقراض مانند پرندگان شکاری که بیشترین اتفاقات برق‌گرفتگی را نشان می‌دهند. تاج و کنسول پایه‌ها و دکل‌های برق یک مکان بسیار جذاب برای پرندگان است. اگر نزدیک به محل پوشش گیاهی نباشد، چنین مکان ثابت مرتفعی یک مکان مناسب برای مشاهده طعمه‌ها و در صورت لزوم دفاع از قلمرو را در اختیار شکارچیان قرار می‌دهد. در بسیاری از موارد، دکل‌ها و پایه‌های برق و کنسول‌ها خطری برای رشد این گونه‌ها هستند. مرگ پرندگان می‌تواند در نتیجه حالات مختلفی رخ دهد [۳۲]. در شکل (۱- ۳۶) چگونگی وقوع هر یک از این دو حالت نشان داده شده است.

- اتصال کوتاه فاز به فاز: بال‌های پرنده فاصله بین سیم‌های برقدار با ولتاژهای مختلف را پر می‌کند و باعث عبور جریان الکتریسیته از بدن او و سوختگی و فلج شدید و اغلب مرگ می‌شود.
- خطای فاز به زمین: این خطا بین بدن پرنده و یک قسمت زمین شده از ساختار فلزی رخ می‌دهد.



شکل (۱- ۳۶) تصویری از هر دو نوع پرنده‌زدگی در خطوط توزیع برق

در ادامه روش‌های کاربردی برای جلوگیری از پرنده‌زدگی ارائه می‌شود.

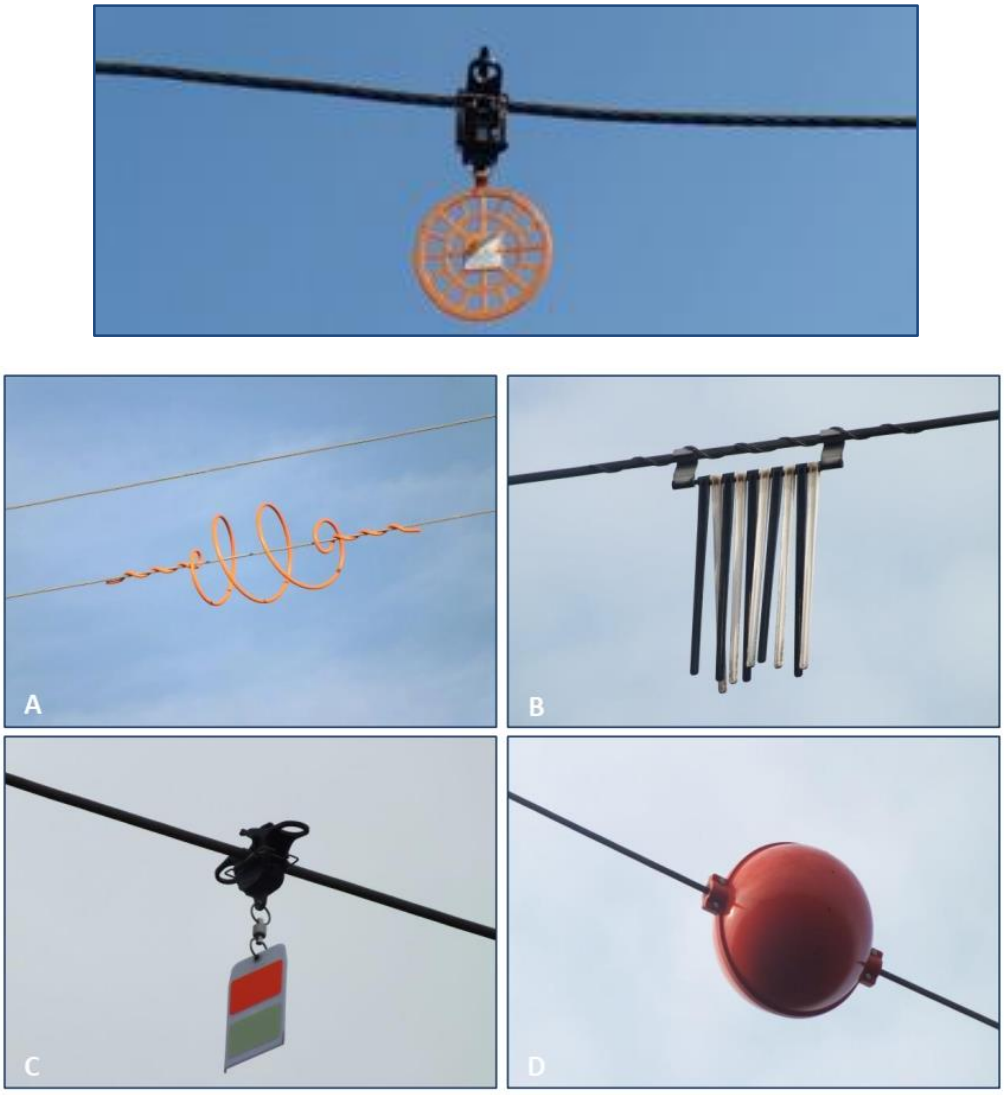
۱-۹-۲-۱- استفاده از حصارهای مناسب

استفاده از حصارهای کوچک بافته شده از سیم توری، موانع دیوار محکم و حصارهایی با اشکال هندسی نامرسوم، مهم‌ترین موانع فیزیکی مورد استفاده در جلوگیری از تاثیرگذاری حیوانات می‌باشد. راهکار دیگر، استفاده از حصار الکتریکی است که در آن با استفاده از سیم‌های لخت متصل به لوله‌های پی‌وی‌سی که با ترانسفورماتورهای ولتاژ پایین برقدار شده است، یک حصار الکتریکی دور تا دور پست ایجاد می‌شود تا از ورود حیوانات به پست جلوگیری نماید.

۱-۹-۲-۲- بازدارنده‌ها و ترساننده‌ها

بازدارنده‌ها و ترساننده‌های تجاری زیادی در بازار وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به ابزارهای تولیدکننده امواج فراصوت (مطابق شکل (۱- ۳۷)) با قابلیت تولید صداهای بالاتر از محدوده شنوایی انسان و در محدوده شنوایی حیوانات، ژله‌های چسبنده، مواد با بو، مارها یا جغدهای پلاستیکی و میله‌های خاردار برای جلوگیری از نشستن پرندگان و آشیانه‌سازی آن‌ها اشاره نمود. برخی از این بازدارندها در شکل (۱- ۳۸) نشان داده شده است.

شکل (۱- ۳۷) نمونه‌ای از دستگاه‌های فراصوت حفاظت از حیوانات [۳۱]



شکل (۱- ۳۸) پنج نوع بازدارنده از ۳ شرکت مختلف [۳۳]

با توجه به گزارشات و بررسی‌های صورت گرفته، ابزارهای فراصوت در ابتدا تاثیر خوبی بر جلوگیری از نزدیک شدن حیوانات دارد؛ اما با گذشت زمان و سازگاری حیوانات با صداهای تولید شده، از تاثیر آن‌ها کاسته می‌شود. علاوه بر این، استفاده از سموم برای کنترل هجوم حیوانات در مواردی تاثیر منفی از خود به جا گذاشته است. چرا که حیوانات مختلف با خوردن سموم در محوطه‌های نزدیک خطوط و یا پست‌ها می‌میرند و باعث هجوم سایر جانوران برای خوردن لاشه آن‌ها و تاثیرگذاری منفی آن‌ها بر خطوط و پست‌های توزیع می‌گردد.

۱-۹-۲-۳- ایزولاتورها

ایزولاتورها در مکان‌هایی که احتمال اتصال فاز به فاز و یا فاز به زمین وجود دارد به کار برده می‌شوند. این مواد بر خلاف موانع فیزیکی، از مواد عایقی ساخته شده‌اند و باید با توجه به سطح ولتاژ و قدرت عایقی محصولات مختلف

انتخاب شوند. انتخاب مواد مناسب برای تجهیز خطوط هوایی و پست‌های فشار قوی می‌تواند تاثیر به سزایی در کاهش خطرات ناشی از حیوانات داشته باشد. از طرفی، اگر همین تجهیزات به درستی انتخاب نشوند، خود می‌توانند عامل شکست عایقی و ایجاد اتصال کوتاه بین فازها و یا فاز به زمین گردند و تاثیر معکوس داشته باشند.

شکل (۱- ۳۹) تصویری از یک نمونه پرنده‌زدگی خطای زمین

الزامات طراحی شبکه هوایی و زمینی در این مناطق می‌تواند مانع از بروز چنین شرایطی شود. به این ترتیب دو دسته کلی از دیدگاه این پارامتر قابل تصور است که در جدول (۱- ۳۷) نشان داده شده است.

جدول (۱- ۳۷) کلاسه‌بندی از دیدگاه زیستگاه جانوران

نوع شبکه	معمولی	خطرناک
شبکه هوایی	عدم وجود جانوران اثرگذار بر پایه‌های چوبی	وجود جانورانی که منجر به تضعیف پایه‌های چوبی می‌شوند.
شبکه هوایی	عدم وجود جانوران صعودکننده	وجود جانوران جانوران صعودکننده
شبکه زمینی	عدم وجود جانوران اثرگذار بر روکش کابل‌های شبکه برق	وجود جوندگان در کانال کابل زمینی و احتمال تخریب روکش کابل

۱-۹-۳- کلاسه‌بندی از دیدگاه پدیده پرنده‌زدگی

چاپ اول اطلس پرندگان ایران در سال ۱۳۹۵ منتشر شده است. این کتاب حاصل دانش، تجربه و تحقیق مؤلفان و بسیاری از کارشناسان، پرنده نگارها، علاقه‌مندان، طبیعت‌دوستان و عکاسانی است که در حدود ۳۰ ماه برای جمع‌آوری آن تلاش نموده‌اند. به استثنای صفحات مقدماتی این کتاب، هر صفحه از این کتاب به یک گونه از

پرندگان ایران اختصاص دارد و شامل مجموعه‌ای از اطلاعات شامل نام گونه، ویژگی‌های ریخت‌شناختی، ویژگی‌های زیستی، پراکنش و فراوانی، وضعیت حفاظتی، نقشه پراکنش، تصاویر مرتبط و سایر اطلاعات تکمیلی می‌باشد.

پرندگان دلیل بروز بخش قابل توجهی از خطاهای دائمی و خصوصاً گذرا در شبکه توزیع هستند. پرندگان با ورود به ایستگاه‌های فشار قوی و یا تاثیرگذاری بر روی هادی‌های شبکه توزیع، به گونه‌های مختلف باعث بروز اتصال کوتاه می‌شوند. اولین مسئله که برای بحث پرندگان مطرح است، طول بال آن‌ها و جثه پرندگان می‌باشد که می‌تواند باعث بروز اتصالی بین فازها و یا بین فاز و زمین گردد. مسئله‌ی دیگر، اتصالی‌های به وجود آمده ناشی از خار و خاشاک مورد استفاده پرندگان در لانه‌سازی بر روی سازه‌های مختلف شبکه همچون مقره‌ها، دکل‌ها و یا ترانسفورماتورها می‌باشد. علاوه بر این، جوجه‌های داخل لانه پرندگان انگیزه‌ی مناسبی برای سایر حیوانات همچون گربه‌ها، مارها، راکن‌ها، راسوها و کرکس‌ها می‌باشد که سعی در به دست آوردن غذای مناسب دارند و با ورود خود به محوطه پست‌ها و یا صعود به بالای پایه‌ها، باعث بروز مشکلات مختلف و اتصالی می‌شوند. آلودگی مقره‌ها و عایق‌ها در اثر تجمیع فضله‌ی پرندگان، از دیگر مسائلی است که منجر به بروز اتصالی در شبکه توزیع می‌گردد. گزارشات ثبت شده از طرف دیسپاچینگ شرکت برق منطقه‌ای زنجان حاکی از آن است که اتصالی‌های متعددی ناشی از برخورد پرندگان با سلول‌های بانک‌های خازنی و بوشینگ ترانسفورماتورها به وجود آمده و باعث بروز قطعی برق شده است. شرکت‌های توزیع برق نیز در سراسر کشور، سالانه تعداد خاموشی قابل توجهی را به دلیل پرنده‌زدگی ثبت می‌نمایند که بخشی از واقعیت اهمیت این موضوع را نشان می‌دهد.

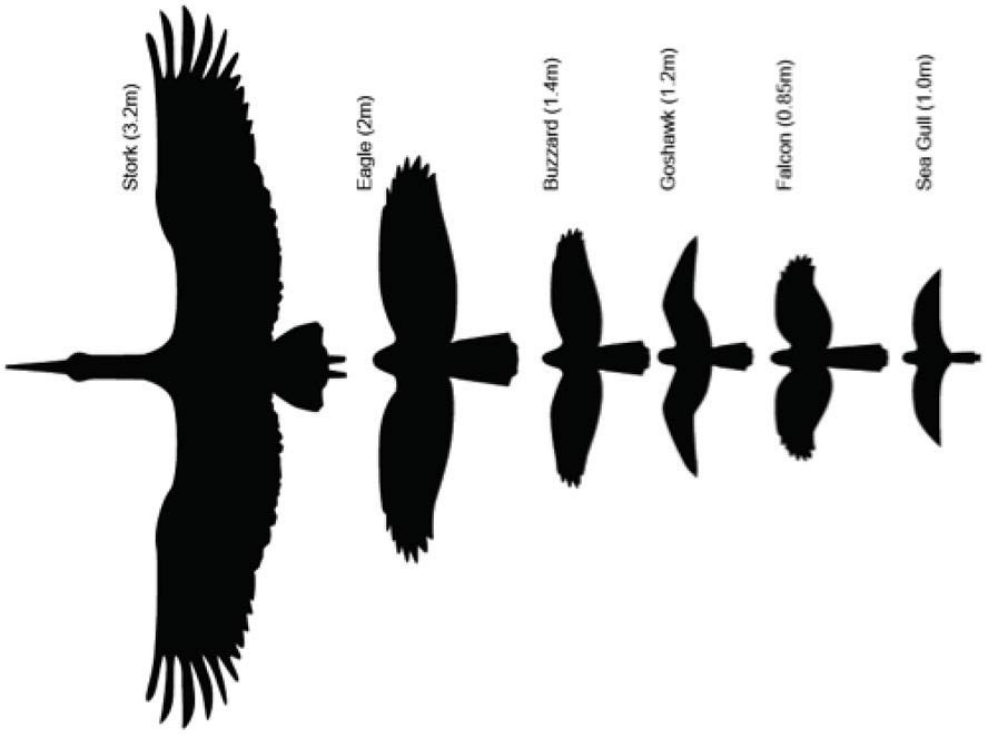
علاوه بر پرندگانی که در هر محدوده جغرافیایی تقریباً ثابت هستند، هر ساله از اواسط شهریور تا اواخر زمستان، سرزمین ایران میزبان گونه‌های مختلفی از پرندگان مهاجر است که از شمال به سمت مناطق جنوبی کوچ می‌کنند. با اعلام آغاز سراسری سرشماری توسط سازمان حفاظت محیط زیست، عملیات سرشماری طی یک برنامه هماهنگ در کلیه‌ی استان‌های کشور همگام با بسیاری از کشورهای دیگر انجام می‌شود. در مجموع در طی سرشماری زمستان ۹۷، حدود ۵۰۰ زیستگاه در سراسر کشور مورد آماربرداری قرار گرفته است و از ۱۴۰ گونه پرنده آبزی و مهاجر شمارش صورت گرفته است.

برای تعیین اقلیم‌هایی که محل زندگی گونه‌های مختلف حیوانات می‌باشد در سایت سازمان حفاظت محیط زیست اطلاعات نسبتاً جامعی ارائه شده است که از مهمترین آن‌ها می‌توان به اطلس پستانداران ایران و اطلس پرندگان ایران اشاره نمود. همچنین، گزارش‌های ملی سرشماری جمعیت پرندگان آبزی و کنار آبزی در سال‌های مختلف

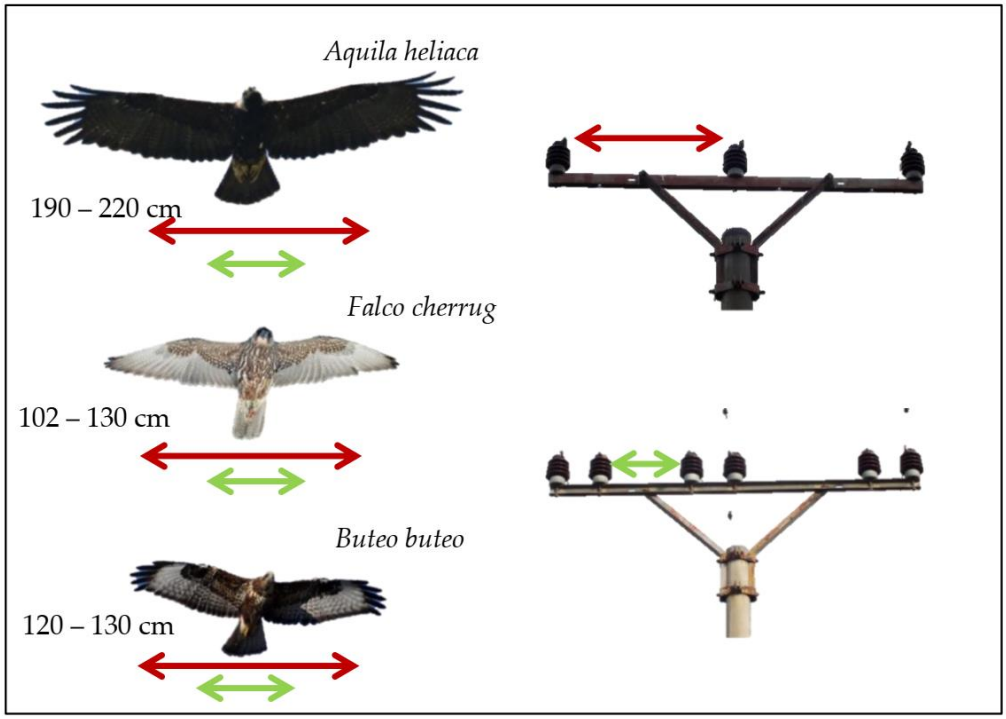
ارائه شده است که آخرین آن‌ها مربوط به سال ۱۳۹۷ می‌باشد. در این سرشماری‌ها، تمامی گونه‌های پرندگان در ایران در زیستگاه‌های مهم مورد سرشماری قرار گرفته‌اند و اطلاعات آن‌ها به تفکیک استان و نوع گونه‌ها ارائه شده است. کلیه‌ی موارد ذکر شده از [۳۴] در سایت سازمان حفاظت محیط زیست به صورت رایگان قابل دسترسی می‌باشند.

۱-۹-۳-۱- کلاسه بندی از دیدگاه طول بال پرندگان

لازم است با توجه به تنوع زیستی منطقه و نوع گونه‌های جانوری که در هر منطقه زندگی می‌کنند، نسبت به انتخاب آرایش مناسب هادی‌ها و فاصله مجاز آن‌ها اقدام شود. تجهیزات عایق‌کننده مناسب به کار گرفته شود و از دیگر ابزار ممکن برای ایجاد مانع، منحرف کردن و یا دیگر روش‌های مناسب نیز بهره‌گیری شود. با توجه به آرایش‌های مختلفی که در ساختار شبکه‌های توزیع به کار می‌رود، تنوعی از فاصله‌ی هادی‌ها وجود دارد. یکی از معیارهای انتخاب نوع آرایش و فاصله‌ی هادی‌ها از همدیگر، می‌تواند تحت عنوان گستردگی بال‌های پرندگان ساکن در آن منطقه و یا مزاحمت جانوران و خزندگان مزاحم تعریف شود. شکل (۱- ۴۰) نمایی از کلاسه‌بندی پرندگان بر اساس طول بال را نشان می‌دهد. وقتی طول بال و جثه پرندگان را در کنار آرایش شبکه، فاصله هادی ها و ارتفاع پایه مقره بررسی کنیم، نتیجه شکل (۱- ۴۱) حاصل می‌شود. جدول (۱- ۳۸) به منظور بررسی آرایش‌های مختلف شبکه فشارمتوسط و فاصله بین هادی‌ها ارائه شده است.

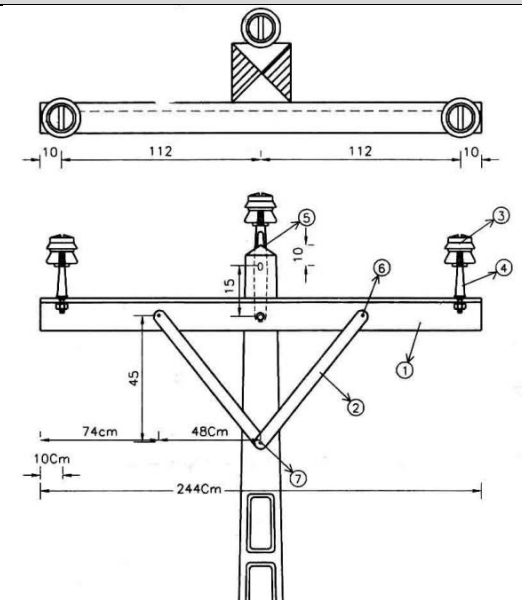


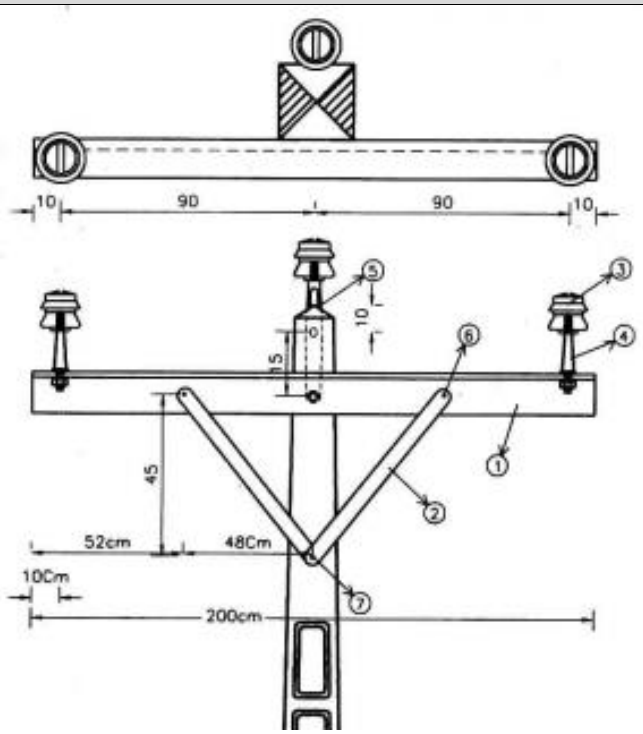
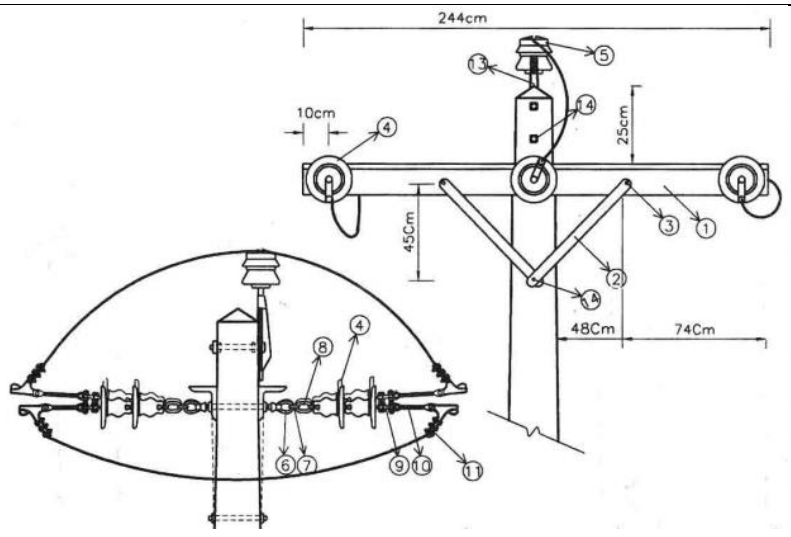
شکل (۱- ۴۰) کلاس‌بندی پرندگان بر اساس طول بال باز

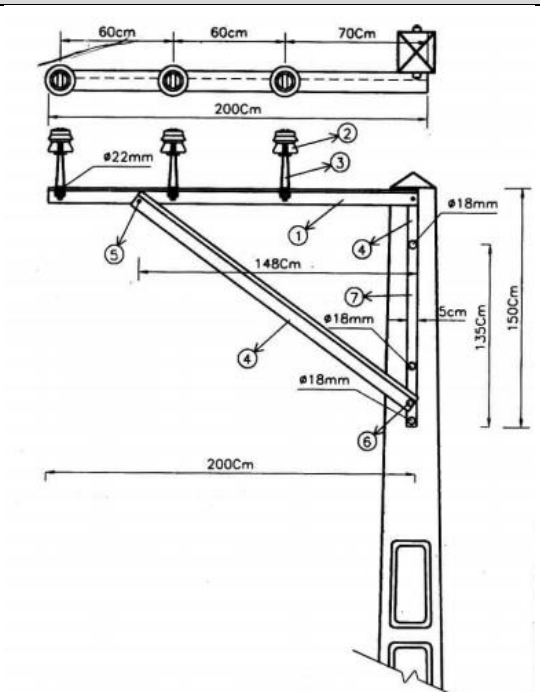
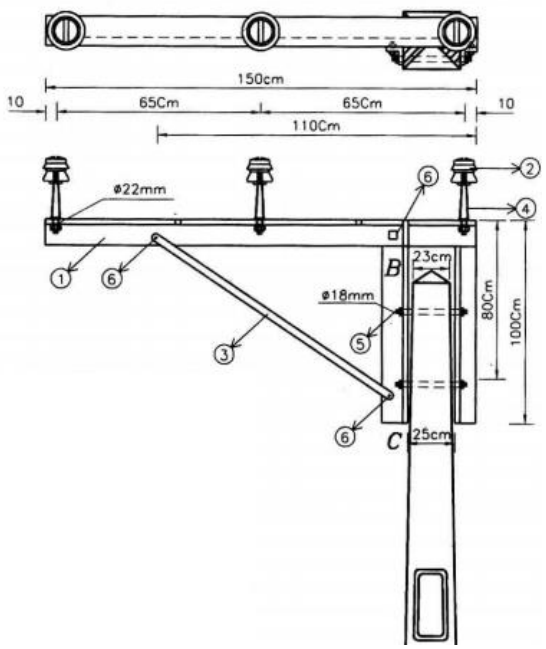


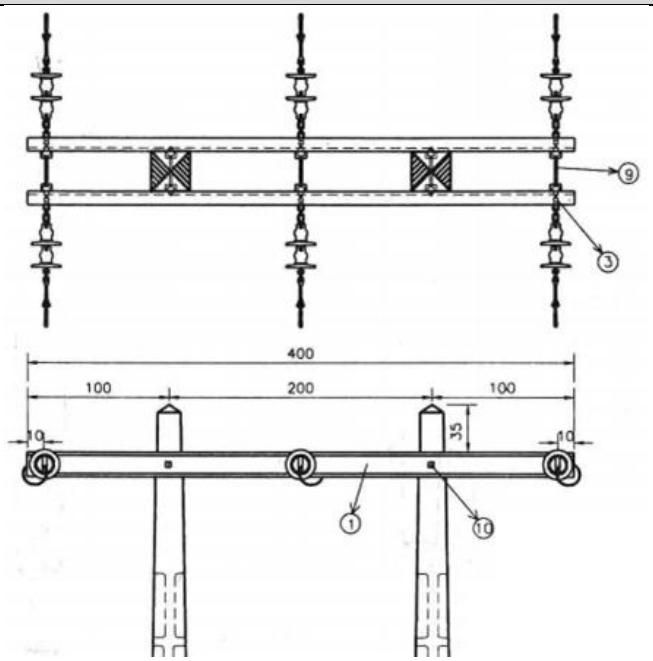
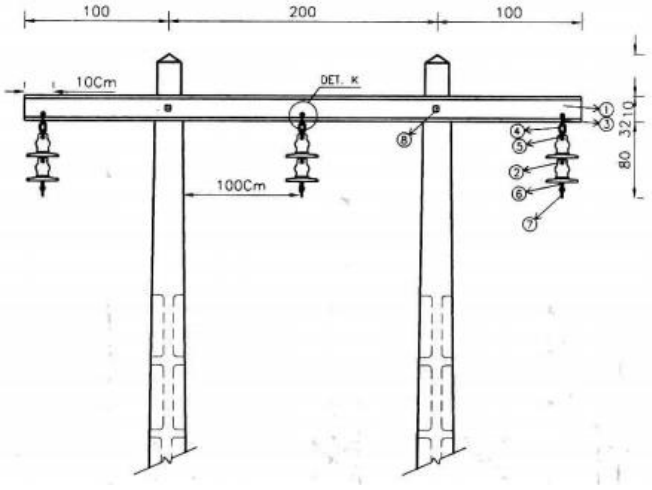
شکل (۱- ۴۱) کلاسه‌بندگی پرندگان بر اساس طول بال باز و جثه پرنده

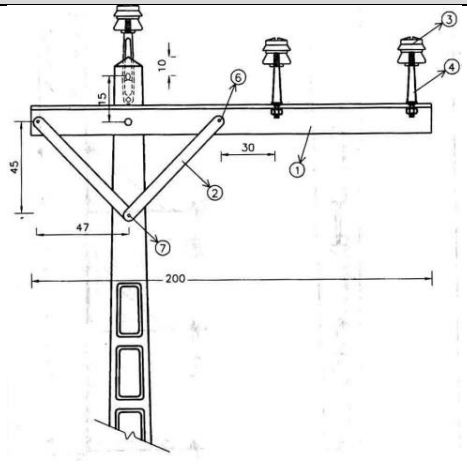
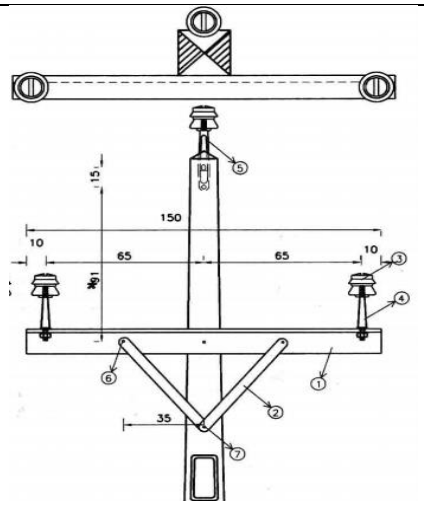
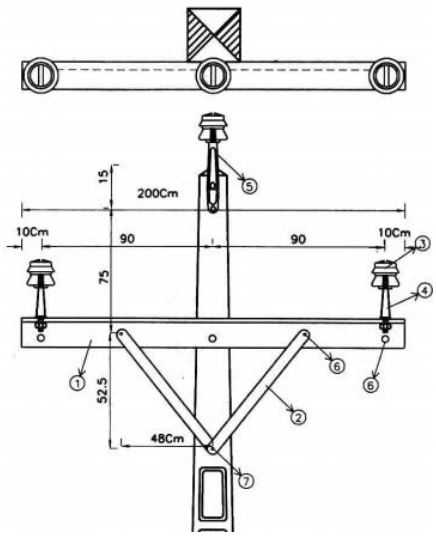
جدول (۱- ۳۸) آرایش‌های متداول شبکه فشارمتوسط و فاصله هادی‌ها

نام آرایش	تصویر	کمترین فاصله‌ی هادی‌ها (cm)
بتونی میانی با کراس آرم ۲/۴۴ متری و مقره‌های سوزنی ۲۰ کیلو ولت		۱۱۲

نام آرایش	تصویر	کمترین فاصله‌ی هادی‌ها (cm)
میانی با کراس آرم ۲/۴۴ متری و مقره‌های سوزنی ۲۰ کیلو ولت		۹۰
پایه کششی با کراس آرم آهنی دوبل از نبشی نمره ۷ به طول ۲/۴۴ متری با زنجیره‌های مقره بشقابی		۱۱۲

نام آرایش	تصویر	کمترین فاصله‌ی هادی‌ها (cm)
ساید آرم یک طرفه کنسول L شکل و ۲ متری نصب شده در وجه جانبی تیر با ۳ مقره سوزنی ۲۰ کیلوولت		۶۰
ساید آرم یک طرفه با کنسول L شکل ۱/۵ متری نصب شده در راس تیر با ۳ مقره سوزنی ۲۰ کیلوولت		۶۵

نام آرایش	تصویر	کمترین فاصله‌ی هادی‌ها (cm)
دوبل کششی با کراس آرم دوبل ۴ متری ناودانی نمره ۸ و ۶ زنجیره بشقابی ۲ تایی کششی		۱۹۰
دوبل میانی تیپ H از کراس آرم ناودانی نمره ۸ به طول ۴ متر		۱۹۵

نام آرایش	تصویر	کمترین فاصله‌ی هادی‌ها (cm)
میانی با کراس آرم یک طرفه ۲ متری نصب شده به صورت متقاطع		۶۰
پایه میانی تو خطی با کراس آرم ۱/۵ متری با سه مقره سوزنی		۱۱۰
پایه میانی تو خطی با کراس آرم ۲ متری و سه عدد مقره سوزنی ۲۰ کیلوولت		۱۱۷

همانطور که در جدول (۱- ۳۸) مشاهده می‌شود، فاصله‌ی بین هادی‌ها در آرایش‌های مختلف متفاوت است. علاوه بر موارد نشان داده شده در جدول (۱- ۳۸) آرایش‌های متنوع دیگری نیز وجود دارد اما سعی شده است که آرایش‌های دارای کمترین و بیشترین فاصله بین هادی‌ها نمایش داده شود.

به طور تقریبی می‌توان گفت که در آرایش‌های مختلف، فاصله‌ی هادی‌ها از یکدیگر چیزی بین ۶۰ الی ۱۹۵ سانتی‌متر را شامل می‌شود. البته دو موردی که در آن‌ها فاصله‌ی هادی‌ها از هم ۱۹۰ و ۱۹۵ سانتی‌متر هستند دارای دو پایه بتونی (آرایش دروازه‌ای) هستند و عملاً کم کاربرد می‌باشند و از نظر اقتصادی نیز اجرای آن پر هزینه است.

به این ترتیب معیار مناسب از دیدگاه فلسفه طراحی را می‌توان مطابق با مراحل زیر بیان نمود:

بررسی گونه‌های جانوری که در منطقه مورد نظر زیست می‌کنند: در این گام لازم است که کلیه‌ی گونه‌های جانوری، خزندگان و پرندگانی که در آن منطقه زندگی می‌کنند شناسایی شوند. شناسایی این گونه‌ها و پرندگان نباید محدود به زمان خاصی از سال باشد و باید هر دو فصل سرما و گرما در بررسی‌ها لحاظ شود. چرا که ممکن است دسته‌ای از پرندگان تحت عنوان پرندگان مهاجر در یک فصل خاص از سال در آن منطقه حاضر شوند و یا دسته‌ای از جانوران در فصول سرد سال به طور کلی رؤیت نشوند. بدین منظور می‌توان از گزارش‌های سرشماری پرندگان که همه ساله توسط سازمان حفاظت محیط زیست منتشر می‌گردد و به صورت رایگان از سایت سازمان قابل بارگیری است استفاده نمود. همچنین، می‌توان از اطلس پستانداران ایران، اطلس خزندگان ایران و اطلس پرندگان ایران که همگی در سال ۱۳۹۵ توسط سازمان حفاظت محیط زیست منتشر شده است نیز استفاده نمود. در این اطلس‌ها، زیستگاه‌های مهم به تفکیک هر گونه جانوری، خزندگان و پرندگان بر روی نقشه مشخص شده است.

بررسی مشخصات جسمی و رفتاری گونه‌های شناسایی شده: در این مرحله و با توجه به نتایج مرحله قبل، لازم است که با مراجعه به منابع معتبر نسبت به بررسی ویژگی‌های جسمی و رفتاری گونه‌های جانوری و پرندگان شناسایی شده اقدام نمود. در این راستا نیز می‌توان به اطلس‌های ارائه شده توسط سازمان محیط زیست رجوع نمود.

در صورتی که گونه‌های شناسایی شده دارای ابعاد حداکثر تا ۶۰ سانتی‌متر هستند و ویژگی رفتاری خاصی نیز از خود بروز نمی‌دهند، آن منطقه از منظر فلسفه طراحی و از نقطه نظر پوشش جانوری و پرنده‌زدگی در زمره مناطق معمولی قرار می‌گیرد و در مرحله طراحی نیازی به لحاظ کردن محدودیتی در این راستا نمی‌باشد.

اگر ابعاد جسمی گونه‌های شناسایی شده حداکثر تا ۱/۳ متر می‌رسد و یا یکی از گونه‌ها دارای مشخصات رفتاری خاصی هستند که منجر به بروز مشکلاتی برای شبکه توزیع می‌شود و راهکار اصلاحی برای جلوگیری از آن رفتار به راحتی قابل اجرا می‌باشد، آن منطقه در دسته مناطق اضطراری قرار می‌گیرد و لازم است که در طراحی شبکه

توزیع در آن منطقه تمهیدات لازم اندیشیده شود. تمهیدات مذکور می‌تواند شامل استفاده از آرایش مناسب هادی‌ها با فاصله‌ی بیشتر و مطمئن و یا استفاده از تجهیزات اصلاحی معمول باشد.

اگر ابعاد جسمی گونه‌های شناسایی شده بیش از ۱/۳ متر می‌باشد و یا یکی از گونه‌ها دارای مشخصات رفتاری خاص و خطرناکی می‌باشد که پیاده کردن راهکار اصلاحی آن مشکل است و یا هزینه‌ی بسیار بالایی دارد، آن منطقه جزء مناطق خطرناک از منظر پوشش جانوری و پرنده‌زدگی در فلسفه طراحی شبکه‌های توزیع قرار می‌گیرد. در این مناطق لازم است که تمهیدات لازم به منظور پیاده‌سازی راهکارهای اصلاحی با مشورت با افراد متخصص صورت پذیرد؛ چرا که ممکن است راهکارهای اصلاحی، راهکارهای اصلاحی معمول نباشد و در آینده نتوان آن‌ها را بر روی شبکه‌ی اجرا شده پیاده‌سازی نمود و در نتیجه عدم رعایت تمهیدات لازم هنگام طراحی و اجرا، منجر به وارد گردیدن خسارات بسیار زیادی برای جبران مشکلات پیش آمده به شرکت توزیع می‌گردد.

در این قسمت ذکر چند نکته ضروری می‌باشد:

- اگر فراوانی یک گونه جانوری و یا یک پرنده خاص، بسیار کم باشد می‌توان از اثر آن چشم‌پوشی نمود.
- اگر شناسایی گونه‌ها و پرندگان منوط به نتایج یک سال خاص نباشد و نتایج گزارشات چندین سال متمادی مورد نظر قرار گیرد، نتایج بهتری به دست خواهد آمد.
- اگر بعد از اجرای شبکه و در اثر تغییرات اقلیمی پیش‌بینی نشده، در یک منطقه معمولی شاهد حضور گونه‌ی جانوری و یا پرنده‌ی جدیدی بودیم، می‌توان با اقدامات اصلاحی موجود، نسبت به رفع مشکلات احتمالی پیش‌بینی نشده اقدام نمود.
- اقدامات اصلاحی باید با توجه به گونه‌های مشکل‌آفرین و نوع رفتارهای مشکل‌آفرین آنان انتخاب شود و با توجه به فراوانی آن گونه‌ی خاص، اقدام به استفاده از آن‌ها شود.
- اقدامات اصلاحی محدود به خطوط و پایه‌های استفاده شده نمی‌باشد و در طراحی پست‌ها نیز باید تمهیدات لازم اندیشیده شود.

۱-۹-۳-۲- کلاسه‌بندی پارامتر پرنده‌زدگی بر اساس جثه پرنده‌ها

حضور و وفور پرندگان بزرگ جثه در ایران محدود به مناطق خاصی است اما در سایر نقاط پرندگان کوچک و متوسط به میزان فراوان مشاهده می‌شود. این پرنده‌ها بیشتر بر اثر ایجاد خطای تکفاز به زمین باعث خاموشی می‌شوند. در مناطقی که زمین‌های کشاورزی در مجاور شبکه توزیع برق است، غالباً حضور پرنده‌ها نیز بیشتر است و اغلب به صورت دسته‌ای بر روی شبکه و کراس‌آرم می‌نشینند. اگر از روش‌های مناسب مانند استفاده از مقره‌های پایه

بلند و روکش‌های کراس‌ارم و یا کراس آرم چوبی استفاده نشده باشد، احتمال رخداد خطای زمین زیاد است. در شکل (۱- ۴۲) نمونه‌هایی از راهکارهای به کار گرفته شده برای جلوگیری از این نوع خطا نشان داده شده است.

شکل (۱- ۴۲) نمونه‌هایی از راهکارهای مقابله با وقوع خطای زمین توسط پرنده‌های با جثه متوسط [۳۵]

با توجه به ابعاد پرنده‌ها و طول معمول پایه مقره و فاصله هادی از کراس‌آرم [۳۶]، می‌توان مناطق مستعد بروز خطای زمین را با توجه به ابعاد پرنده‌های پر تعداد منطقه به صورت جدول (۱- ۳۹) در نظر گرفت. در این کلاسه‌بندی، گنجشک در کلاس معمولی قرار خواهد گرفت و انواع کلاغ در گروه اضطراری جای خواهند گرفت.

جدول (۱- ۳۹) کلاسه‌بندی پارامتر پرنده‌زدگی بر اساس جثه پرنده

عنوان	معمولی	اضطراری	خطرناک
بر اساس جثه پرنده	پرنده‌های با سایز کمتر از ۲۵ سانتی‌متر	پرنده‌های با سایز ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر	پرنده با سایز بزرگتر از ۵۰ سانتی‌متر

۱-۹-۳-۳- کلاسه‌بندی پارامتر پرنده‌زدگی از دیدگاه سابقه رخداد [۳۰]

تمامی خطاهایی که در شبکه توزیع برق رخ می‌دهد تقریباً با دقت مطلوب علت‌یابی و ثبت می‌شود. هرچند سامانه ثبت این اطلاعات می‌تواند بسیار دقیق‌تر و هوشمندتر و کامل‌تر طراحی شود، اما سامانه فعلی نیز دارای قابلیت‌های مناسبی است. بر مبنای این آمار پرنده‌زدگی و خطاهای گذرا، می‌توان فیدرهای مورد مطالعه را دسته‌بندی نمود و

برای مکانیابی بهینه تجهیزاتی مانند ریکلوزر و سکشانالایزر از آن استفاده نمود. بر اساس تجارب گذشته‌ی تیم مطالعاتی این پروژه در نقاط مختلف کشور جدول (۱- ۴۰) به عنوان کلاسه‌بندی این ویژگی قابل طرح است.

جدول (۱- ۴۰) کلاسه‌بندی خطاهای گذرا و پرنده‌زدگی در آمار خاموشی (تجربی)

عنوان	معمولی	اضطراری	خطرناک
نرخ وقوع پرنده‌زدگی در واحد طول شبکه بر حسب تعداد پرنده‌زدگی در یک کیلومتر در سال	کمتر از ۰/۲	بین ۰/۲ تا ۰/۴	بیش از ۰/۴

۱-۱۰- پهنه‌بندی از دیدگاه مسائل اجتماعی، اقتصادی، امنیتی و شهرسازی

طراحی شبکه توزیع و تأمین برق مطمئن و پایدار خصوصاً در مناطق شهری به دلیل وجود بارهای حیاتی و مهم و حساس، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا یکی از موضوعاتی که بایستی در مجموعه الزامات پیشنهادی در این پروژه مد نظر قرار گیرد، مسائل اجتماعی، امنیتی و شهرسازی است.

۱-۱۰-۱- کلاسه‌بندی پارامتر پدافند غیرعامل

با وجود آنکه شبکه توزیع برق در حوزه هر فیدر فشارمتوسط نیز پوشش دهنده تعداد بسیار زیادی مشترک نیست، اما نمی‌توان از اهمیت بروز خاموشی و عدم تأمین برق مطمئن و پایدار از دیدگاه پدافند غیرعامل صرفنظر نمود. تأمین برخی از مشترکین مهم و برخی از فیدرهای حساس بایستی با بالاترین قابلیت اطمینان مدنظر طراحان باشد. پیاده‌سازی اتوماسیون، طراحی نقاط مانور مناسب، استفاده از تجهیزات مناسب حفاظتی و کلیدزنی و کاهش مخاطرات این فیدرها را می‌توان از جمله راهکارهایی دانست که می‌توان در سند فلسفه طراحی برای آن‌ها الزامات و قیود لازم را تعیین نمود. لازم به ذکر است که مبحث پدافند غیرعامل بسیار گسترده‌است اما در سند فلسفه طراحی به قیود و الزاماتی پرداخته می‌شود که در آینده طراحان شبکه بایستی آن‌ها را رعایت نمایند و به مسائل فناوری اطلاعات ورود نمی‌شود. نتایج کلاسه‌بندی پیشنهادی برای این پارامتر در جدول (۱- ۴۱) نشان داده شده است.

به طور کلی مشترکین خاص (بارهای بحرانی) به آن دسته از مشترکین اعم از ستادی و پشتیبانی برق، سیاسی و نظامی، امدادی و خدمات حیاتی اطلاق می‌گردند که برق رسانی به آن‌ها در زمان و پس از وقوع انواع مخاطرات طبیعی ضروری بوده و قطع خدمات آن‌ها باعث عوارض ثانویه (گسترش تلفات، گسترش خسارات و اختلال در زندگی جمع زیادی از مردم) می‌گردد [۲].

مشترکین خاص از جنبه گستره فعالیت و تأثیرشان در امور کشور به سطوح زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- مراکز حیاتی: مراکزی که دارای گستره فعالیت ملی بوده و وجود و استمرار فعالیت آن‌ها برای کشور حیاتی است و آسیب آن‌ها موجب اختلال کلی در اداره امور کشور می‌شود.
- مراکز حساس: مراکزی که دارای گستره فعالیت منطقه‌ای می‌باشند و وجود و استمرار فعالیت آن‌ها برای مناطقی از کشور ضروری بوده و آسیب آن‌ها موجب اختلال در بخش‌هایی از کشور می‌شود.
- مراکز مهم: مراکزی که دارای گستره فعالیت محلی می‌باشند و وجود و استمرار فعالیت آن‌ها برای بخشی از کشور ضروری بوده و آسیب آن‌ها موجب اختلال در بخش‌هایی از کشور می‌شود.
- مراکز ضروری : مراکزی که نیازمندی‌های خدمات روزانه مردم را تأمین می‌نمایند.

جدول (۱- ۴۱) کلاسه‌بندی پارامتر پدافند غیرعامل و امنیت شهری [۲]

عنوان	معمولی	مهم	حیاتی
وضعیت مشترکین منطقه	فاقد مشترکین خاص	دارای مشترکین مهم و ضروری	دارای مشترکین حساس و حیاتی
وضعیت فیدر	معمولی	مهم	حساس و حیاتی
وضعیت تکه شبکه	شاخه‌های فرعی فیدر فشار متوسط	تنه اصلی فیدر فشار متوسط	سرخط فیدر فشار متوسط

یکی از موضوعات مهم و اثرگذار در طراحی شبکه توزیع برق که بایستی توسط طراحان محترم در نظر گرفته شود، مجموعه مباحث مربوط به پارامترهای سیاسی، نظامی، امنیتی و مدیریت بحران است که در زیر مجموعه پدافندغیر عامل می‌توان به آن پرداخت.

هدف از این بخش ورود به مباحث مربوط به اعمال نظرهای سیاسی و یا مدیریتی و ... نیست بلکه پرداختن به موضوعات از دیدگاه فنی و قابلیت اطمینان شبکه مورد نظر است. در مواردی که اعمال نظرهای سیاسی و مدیریتی نهادهای دیگر می‌تواند منجر به تغییر طرح و بروز حالات غیر بهینه و یا هزینه بالاتر اجرای طرح شود، پیگیری و ارائه مستندات لازم برای تأمین هزینه‌های اضافی توسط نهادهای مرتبط، می‌تواند راهگشا باشد. اما در مبحث نوع بارها و موضوعات فنی مرتبط، می‌توان کلاسه بندی زیر را پیشنهاد نمود. این کلاسه‌بندی می‌تواند در استفاده از تجهیزات حفاظتی بعد از نقطه اتصال مشترک، افزایش قدرت مانور فیدر، قیود بارگذاری فیدر و استفاده از کلیدهای کنترل از راه دور و اتوماسیون شبکه مبنای عمل قرار گیرد. این شیوه کلاسه‌بندی، ترکیبی از شیوه کلاسه‌بندی ارائه شده در جدول (۱- ۴۱) با میزان دیماند قراردادی مشترک می‌باشد.

جدول (۱- ۴۲) کلاسه‌بندی بارهای سیاسی، نظامی، امنیتی و خاص با ترکیب اهمیت و میزان بار

سطح اهمیت بار	زیر ۲۵۰ کیلووات	بین ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ کیلووات	یک مگاوات و بالاتر
حیاتی	اولویت ۲	اولویت ۱	اولویت ۱
حساس	اولویت ۳	اولویت ۲	اولویت ۱
مهم	اولویت ۳	اولویت ۳	اولویت ۲
ویژه	اولویت ۲	اولویت ۱	اولویت ۱

منظور از بارهای ویژه، بارهایی مانند بیمارستان‌ها، هلال احمر و موارد مشابه است که قطع برق آنها خطرات جانی مهمی برای مردم در پی داشته باشد اما موضوع سطوح حیاتی، حساس و مهم برای آنها مطرح نیست.

۱-۱۰-۲- حفظ ایمنی مردم و کاربران شبکه

موضوع حفظ ایمنی مردم و کاربران یا پرسنلی که با شبکه توزیع برق سر و کار دارند از موضوعات بسیار مهم و کلیدی است. این موضوع مبحثی فراگیر و گسترده است و خود نیازمند دستورالعمل‌های ویژه می‌باشد. در این پروژه هدف آن است که اصول، چارچوب‌ها و قیود و الزامات بیان شده ناقض ایمنی بهره برداران شبکه و مردم نباشد و قطعاً تأمین برق مطمئن و پایدار باعث بهبود ایمنی نیز خواهد شد.

ایمنی محیط زیست نیز به گونه‌ای در موضوع مخاطرات محیط زیستی مورد توجه قرار گرفت. در نظر گرفتن کلاسه‌بندی مناسب و قیود و الزامات بهینه در این زمینه، می‌تواند باعث کاهش چشمگیر تلفات جانوران و پرندگان شود. در فلسفه طراحی، برخی از قیود و الزامات طراحی شبکه به طور مستقیم با موضوع تأمین ایمنی بهره برداران شبکه و مردم مرتبط است که از آن جمله می‌توان به الزامات مرتبط با حریم شبکه، کلیرنس و سیستم زمین اشاره نمود. موضوع ایمنی قطعاً یکی از مبانی کلیدی در تعیین الزامات طراحی است که به تفصیل در فصول آتی به آن پرداخته خواهد شد.

۱-۱۰-۳- کلاسه بندی از دیدگاه پارامتر سرقت شبکه و تجهیزات

یکی از پارامترهای فرهنگی و اجتماعی مؤثر بر طراحی شبکه توزیع برق، موضوع سرقت تجهیزات و هادی‌های شبکه است. متأسفانه تحت تأثیر شرایط فرهنگی و اقتصادی و با توجه به قیمت بالای برخی تجهیزات حتی به صورت فروش به عنوان کالای اسقاطی و همچنین به دلیل گستردگی شبکه و نصب تجهیزات در مناطق مختلف و پراکنده، موضوع سرقت تجهیزات به یکی از دقدقه‌های مهم شرکت‌های توزیع برق تبدیل شده است. سرقت هادی‌های شبکه، سرقت هادی سیستم زمین، سرقت از تابلو و سرقت ترانسفورماتور از شایع ترین آنهاست. این موضوع حتی با خطرات جانی ناشی از امکان برق گرفتگی نیز همچنان ادامه دارد.

به منظور جلوگیری از وقوع سرقت و یا حداقل کاهش احتمال وقوع آن، راهکارها و طرح‌های متنوعی در سالیان گذشته به کار گرفته شده که برخی مؤثر نبوده و برخی نیز شاید در این موضوع مفید واقع شده باشد اما در مقابل مضرات و خسارات دیگری را موجب شده است. نکته‌ای که بایستی به آن توجه نمود آن است که مناطق مختلف از دیدگاه این پارامتر شرایط متفاوتی دارند و به همین دلیل نباید با یک روش و دیدگاه یکسان اقدام نمود. به عنوان نمونه اگر یکی از دلایل مهم در بحث تغییر شبکه هوایی از سیم مسی موجود به کابل خودنگهدار جلوگیری از سرقت شبکه باشد، در مناطقی که سابقه این موضوع وجود نداشته، این دلیل موجه نخواهد بود. تغییر هادی‌ها و جنس تجهیزات سیستم زمین برای جلوگیری از سرقت نیز در چنین شرایطی می‌تواند توجیه نداشته باشد. از طرف دیگر در مناطقی که سابقه انجام سرقت و یا زمینه سرقت در آنها فراهم است، لازم است تدابیر لازم اندیشیده شود و با انجام هزینه‌های اضافه، سیستم‌هایی برای ممانعت از سرقت طراحی و اجرا گردد. در این بخش از گزارش زمینه و مقدمه لازم برای اعمال این پارامتر در طراحی فراهم می‌شود. در بخش‌های بعدی فلسفه طراحی، پیشنهادات قابل ارائه در این زمینه متناسب با کلاسه بندی مربوطه بیان خواهد شد. از این منظر می‌توان کلاسه بندی جدول (۱– ۴۳) را پیشنهاد نمود. بر این اساس شرکت‌های توزیع می‌توانند پلیگون‌هایی در GIS تشکیل داده و طراحان ملزم به رعایت قیود تدوین شده در فلسفه طراحی برای محدوده هر پلیگون باشند.

جدول (۱- ۴۳) کلاسه بندی پارامتر احتمال بروز سرقت تجهیزات و شبکه

عنوان پارامتر	معمولی	نامناسب	خطرناک
احتمال سرقت تجهیزات و شبکه	بدون سابقه سرقت	با سابقه سرقت کم	با سابقه سرقت زیاد

۱-۱۰-٤- کلاسه‌بندی پارامتر مسائل اقتصادی

طراحی بهینه شبکه توزیع برق مهمترین هدف طراحان از ابتدای فرآیند طراحی تا پایان است. این طراحی بهینه به معنی ارائه طرحی است که هم از دیدگاه فنی کلیه الزامات و قیود و اصول و چارچوب‌های مطرح شده در فلسفه طراحی و استانداردها را پوشش دهد و هم از دیدگاه اقتصادی با کمترین هزینه و بهترین بازگشت سرمایه همراه باشد که بیشترین عایدی را برای مجموعه در پی داشته باشد. برخی از مهمترین پارمترهایی که در این زمینه قابل طرح می‌باشند عبارتند از :

- هزینه سرمایه‌گذاری
- استهلاک تجهیزات و دوره زمانی هدف طرح

- دوره بازگشت سرمایه

فلسفه طراحی به دنبال تعیین قیود و الزامات طراحی است که طراح بایستی ضمن رعایت آنها و تأمین اهداف طرح، بهترین نتیجه اقتصادی را نیز حاصل کند. لذا عدم رعایت قیود و الزامات مصوب شده به منظور اقتصادی شدن طرح ممنوع می‌باشد.

همانطور که در بخش کلاسه‌بندی پارامترهای اقلیمی و جغرافیایی گفته شد، یکی از شاخص‌های مهم در تعیین وضعیت هر منطقه، لحاظ نموده دوره بازگشت پدیده‌ها می‌باشد. این دوره بازگشت نیز از دیدگاه اقتصادی نباید تغییر یابد. به عبارت دیگر قیود و الزامات طرح شده در فلسفه طراحی لازم الاجراست و افزایش هزینه طرح ناشی از این قیود و الزامات به معنی غیر اقتصادی شدن طرح نیست و اگر طراح می‌تواند راهکار دیگری ارائه کند که با هزینه کمتر و بازگشت سرمایه بهتر، در ضمن رعایت کلیه قیود، الزامات و چارچوب‌های گفته شده، اهداف طرح نیز محقق شود، لازم است این گزینه جایگزین گردد. در رابطه با سه پارامتر کلیدی اقتصادی، ذکر نکاتی ضروری است که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود.

۱-۰-۱-۴-۱- میزان سرمایه‌گذاری

میزان سرمایه مورد نیاز برای اجرای طرح‌ها از منابع مختلفی تأمین می‌شود. طراحان محترم بایستی این نکته اساسی را لحاظ نمایند که طرح‌های مشترکین و نهادهای خاص و پر ظرفیت نباید به گونه‌ای تهیه شود که زیرساخت‌های عمومی شبکه برای تأمین سایر مشترکین و رشد بار منطقه استفاده شود و تأمین آنها با اشکال مواجه شود. در این خصوص لازم است دستورالعمل های لازم تدوین شده و طراحان هزینه صحیح توسعه شبکه را برآورد و در آنالیز سرمایه‌گذاری وارد نمایند. قیود و الزامات مرتبط با این موضوع در فصول آینده ارائه خواهد شد.

۱-۰-۱-۴-۲- استهلاک و دوره زمانی هدف طرح

دوره زمانی هدف در طراحی لزوماً با عمر مفید تجهیزات برابر نیست. به عنوان مثال جایابی و تعیین ظرفیت پست‌های توزیع به گونه‌ای انجام نمی‌شود که ترانسفورماتور پیشنهادی لزوماً تا پایان عمر مفید خود در همان محل باقی بماند. اما در موضوع احداث شبکه زمینی دفنی این شرایط متفاوت است و غالباً هدف آن است که کابل اجرا شده تا پایان عمر مفید خود بتواند در همان محل کاربردی باشد. بر همین اساس قیود

و الزامات دوره زمانی هدف طرح در فصول آینده ارائه شده است که لازم است توسط طراحان محترم رعایت شود.

۱-۱۰-۴-۳- دوره بازگشت سرمایه و توجیه اقتصادی طرح

طرح‌ها با اهداف مختلفی توسط طراحان تهیه می‌شوند و از همین روی نمی‌توان گفت که موضوع بازگشت سرمایه یک شاخص مناسب برای ارزیابی تمامی آنهاست. زمانیکه طرح با هدف کاهش تلفات تهیه می‌شود، قطعاً بازگشت سرمایه آن هم بر اساس نرخ‌های مناسب مصوب تلفات انرژی و توان، لازم است منطقی و قابل دفاع باشد و غالباً دوره بازگشت سرمایه کمتر از ۴ سال مد نظر است. اما در طرح‌های نیرورسانی به دلیل نرخ‌های فروش انشعاب دستوری و نامتناسب با هزینه‌های احداث شبکه، تأمین چنین دوره بازگشتی در بسیاری از موارد امکان پذیر نیست. از همین روی انجام مطالعات طرح جامع و استفاده از افق‌های بلند مدت در طراحی و پرهیز از بروز دوباره کاری و احداث شبکه‌های غیر بهینه، راهکار اصلی در این مبحث است. لازم است مطابق با آنچه در بخش سرمایه‌گذاری گفته شد، دستورالعمل و مطالعات لازم برای تأمین برق تقاضاهای دیماند (خصوصاً تقاضاهای دیماند ۲۵۰ کیلووات و بالاتر) و تأمین برق شهرک‌ها و مناطق صنعتی و طرح‌های ویژه انجام شود و مبالغی در قالب ریال به ازای هر کیلووات در هر شهرستان استخراج شود و این مبالغ به عنوان مبنای عمل در تأمین هزینه توسعه شبکه لحاظ گردد. به این ترتیب عدالت در توزیع امکانات و زیر ساخت‌های موجود رعایت شده و طرح‌های توسعه و بهینه سازی مورد نیاز در شبکه عمومی نیز توجیه اقتصادی خواهند یافت.

۱-۱۰-۴-۴- کلاسه‌بندی از دیدگاه پارمتر هزینه خسارت خاموشی

در اینجا منظور از مسائل اقتصادی در واقع خسارت ناشی از بروز خاموشی است. این موضوع بیش از هر چیز برای برخی از مشترکین صنعتی و برخی از مشترکین کشاورزی مطرح است و تعدادی از شرکت‌ها و واحدهای تجاری و اداری نیز می‌توانند در این دسته قرار گیرند.

جدول (۱- ۴۴) نتیجه مطالعات تعیین هزینه خاموشی [۳۷]

Interruption Cost	Interruption Duration				
	Momentary	30 minutes	1 hour	4 hours	8 hours
Medium and Large C&I					
Cost Per Event	$11,756	$15,709	$20,360	$59,188	$93,890
Cost Per Average kW	$14.4	$19.3	$25.0	$72.6	$115.2
Cost Per Un-served kWh	$173.1	$38.5	$25.0	$18.2	$14.4
Cost Per Annual kWh	$1.65E-03	$2.20E-03	$2.85E-03	$8.29E-03	$1.31E-02
Small C&I					
Cost Per Event	$439	$610	$818	$2,696	$4,768
Cost Per Average kW	$200.1	$278.1	$373.1	$1,229.2	$2,173.8
Cost Per Un-served kWh	$2,401.0	$556.3	$373.1	$307.3	$271.7
Cost Per Annual kWh	$2.28E-02	$3.18E-02	$4.26E-02	$0.1403	$0.2482
Residential					
Cost Per Event	$2.7	$3.3	$3.9	$7.8	$10.7
Cost Per Average kW	$1.8	$2.2	$2.6	$5.1	$7.1
Cost Per Un-served kWh	$21.6	$4.4	$2.6	$1.3	$0.9
Cost Per Annual kWh	$2.06E-04	$2.48E-04	$2.94E-04	$5.81E-04	$8.05E-04

در این حالت ملاک میزان خسارت به ازای مدت زمان خاموشی و انرژی توزیع نشده است. در حال حاضر پروژه مطالعات تعیین هزینه خسارت خاموشی مشترکین صنعتی و کشاورزی در نقاط مختلف کشور در حال انجام است. بر اساس نتایج این مطالعات می‌توان کلاسه‌بندی مناسبی ارائه نمود اما بر اساس نتایج مطالعات مشابه در امریکا (جدول (۱– ۴۴))، جدول (۱– ۴۵) قابل پیشنهاد است.

جدول (۱- ۴۵) کلاسه‌بندی بارها از دید اقتصادی

عنوان	معمولی	مهم	بسیار مهم
ارزش خسارت خاموشی	کمتر از ۱۰ دلار برای هر کیلووات ساعت	بین ۱۰ تا ۵۰۰ دلار به ازای هر کیلووات ساعت	بیش از ۵۰۰ دلار به ازای هر کیلووات ساعت

۱-۱۰-۵- کلاسه‌بندی از دیدگاه شهرسازی و مبلمان شهری

در هر یک از مناطق شهری، با توجه به عرض معابر، مناطق مرکزی شهر، مناطق باستانی و توریستی و محل مجتمع‌های تجاری و یا مسکونی بزرگ و مواردی از این قبیل، محدوده‌ای قابل تعیین است که در آن محدوده، الزامات و قیود متفاوتی با سایر نقاط شهر اعمال شود. به عنوان نمونه عدم احداث شبکه فشار متوسط هوایی یا عدم

احداث پست هوایی و یا عدم احداث شبکه فشار ضعیف هوایی. هر شرکت توزیع می‌تواند بر اساس نقشه‌های مربوطه و وضعیت شبکه فعلی خود، الزاماتی را به صورت تدریجی در این مناطق پیاده‌سازی نماید.

جدول (۱- ۴۶) کلاسه‌بندی از دیدگاه اهداف در مبلمان شهری (تجربی)

عنوان	معمولی	حریم‌دار	ویژه
ویژگی تعیین شده برای هر حالت	شبکه فشار متوسط و فشار ضعیف و پست هوایی مجاز باشد.	بدون شبکه هوایی فشار متوسط	بدو ن شبکه هوایی فشار ضعیف و متوسط و پست هوایی

۱-۱۱- پهنه‌بندی از دیدگاه پارامترهای الکتریکی

پارامترهای الکتریکی متعددی بر طراحی شبکه توزیع مؤثر هستند که از آن جمله می‌توان به خصوصیات مصرف مشترکین در مناطق مختلف، وضعیت رشد بار در سال‌های گذشته و همچنین ظرفیت رشد در سال‌های پیش رو و خصوصیاتی مانند سطح اتصال کوتاه، وجود نیروگاه‌های تولید پراکنده و ... اشاره نمود. برای برخی از این پارامترها امکان ارائه کلاسه‌بندی مشخص و کاربردی وجود دارد و برخی نیز بیشتر در دستورالعمل‌ها و روش‌های طراحی و مطالعات و محاسبات مربوطه به عنوان یک پارامتر پیوسته وارد می‌شوند. در ادامه برخی از مهمترین پارامترهای الکتریکی قابل کلاسه‌بندی تشریح شده‌اند.

۱-۱۱-۱- کلاسه‌بندی پارامتر حضور نیروگاه‌های تولید پراکنده

نیروگاه‌های تولید پراکنده در سال‌های اخیر در شبکه برق ایران توسعه یافته‌اند. اکثر این نیروگاه‌ها در شرایط فعلی به شبکه فشارمتوسط متصل شده‌اند و تعداد کمتری نیز در سطح فشارضعیف متصل می‌باشند. خوشبختانه مجموعه دستورالعمل‌های مرتبط با نیروگاه‌های تولید پراکنده و رویه‌هایی که برای اخذ مجوزها، انجام مطالعات طرح اتصال، انجام تنظیمات حفاظتی و آزمون‌های اتصال و ... تدوین و اجرایی شده توانسته‌است این موضوع را سامان دهی کند. وجود نیروگاه‌های تولید پراکنده در شبکه توزیع، تأثیرات بسیاری بر شبکه توزیع دارند. از دیدگاه فلسفه طراحی، لازم است قیود و الزاماتی برای طراحی شبکه توزیع در حضور نیروگاه‌های تولید پراکنده تعیین شود تا تأمین برق مطمئن و پایدار با کمترین مشکل مواجه شود. اتصال نیروگاه به شبکه مورد طراحی نحوه شبیه‌سازی شبکه را تغییر می‌دهد، سطح اتصال کوتاه و سیستم حفاظت فیدر را متحول می کند و تغییر در جهت عبور جریان و افزایش بارگذاری در برخی از اجزای شبکه را موجب می‌شود. طراحان بایستی در انتخاب تجهیزات کلیدزنی و حفاظتی و انتخاب شبکه و همچنین بازآرایی فیدرها به موضوع نیروگاه‌های تولید پراکنده توجه ویژه نمایند.

مطالعات طرح اتصال که در زمان اخذ مجوزهای نیروگاه‌های تولید پراکنده انجام می‌شود، شرایط اتصال نیروگاه مزبور به یک فیدر را بررسی می کند حال آنکه در سال‌های آینده و با توسعه و تغییر بارهای شبکه و اجرای شبکه‌های جدید، نیاز به بازآرایی فیدرها و تغییر فیدر محل اتصال نیروگاه وجود دارد. لذا طراحان محترم در این زمینه بایستی مطالعات لازم را به انجام رسانند و یا از طریق دیگری این مهم ساماندهی شود. در فیدرهایی که نیروگاه‌های تولید پراکنده متصل هستند، می‌توان بر اساس کلاسه‌بندی پیشنهادی زیر عمل نمود و متناسب با هر کلاس، قیود و الزامات مندرج در فصول بعدی را مبنای عمل قرار داد.

جدول (۱- ۴۷) کلاسه‌بندی پیشنهادی از منظر اتصال نیروگاه‌های تولید پراکنده به شبکه فشارمتوسط

عنوان	معمولی	سنگین	فوق سنگین
نوع و ظرفیت نیروگاه متصل به شبکه	بدون نیروگاه تولید پراکنده	نیروگاه تولید پراکنده با ظرفیت کمتر از یک مگاوات غیر خورشیدی، یا نیروگاه خورشیدی کمتر از ۲ مگاوات	نیروگاه تولید پراکنده با ظرفیت بالای یک مگاوات غیر خورشیدی، یا نیروگاه خورشیدی بالای ۲ مگاوات

جدول (۱- ۴۸) کلاسه‌بندی پیشنهادیاز منظر اتصال نیروگاه‌های تولید پراکنده به شبکه فشارضعیف

عنوان	معمولی	سنگین	فوق سنگین
نوع و ظرفیت نیروگاه متصل به شبکه	بدون نیروگاه تولید پراکنده	نیروگاه خورشیدی تولید پراکنده با ظرفیت کمتر از ۵۰ درصد ظرفیت ترانسفورماتور پست توزیع	نیروگاه غیر خورشیدی یا نیروگاه خورشیدی با ظرفیت بیش از ۵۰ درصد ترانسفورماتور پست توزیع

۱-۱۱-۲- کلاسه بندی از دیدگاه پارامتر سهولت اجرا و در دسترس بودن شبکه

لازمه اجرا و بهره برداری مناسب از شبکه برق وجود امکان دسترسی مناسب می‌باشد. مسیر دسترسی مناسب در زمان اجرای شبکه حمل تجهیزات تا محل پروژه را تسهیل می کند و امکان نصب مکانیزه شبکه نیز مهیا می گردد و در زمان بهره برداری نیز انجام تعمیرات شبکه، یافتن محل بروز خطا و رفع آن و همچنین تعمیرات دوره‌ای و سایر اقدامات لازم تسهیل می گردد. به این ترتیب برای تهیه طرح بهینه تنها هزینه‌های سرمایه گذاری احداث شبکه نباید لحاظ شود و هزینه‌های بهره برداری و نگهداری شبکه نیز بایستی در محاسبات طراحان اعمال شود.

پارمتر وضعیت دسترسی به مسیر شبکه را می‌توان به صورت جدول (۱– ۴۹) کلاسه‌بندی نمود. این پارامتر بر انتخاب مسیر شبکه به شدت اثر گذار است. انتخاب مسیر شبکه در طراحی، یکی از اقدامات کلیدی ابتدایی است که سایر بخش‌های طرح را کاملاً تحت تأثیر قرار می‌دهد. وضعیت دسترسی شبکه همچنین بر انتخاب تجهیزات و خصوصاً

استفاده از کلیدهای کنترل از راه دور اثر گذار است. لازم به ذکر است که احداث شبکه در مناطق صعب العبور و یا با دسترسی مشکل، همیشه قابل اجتناب نیست و لذا برای هر یک از این کلاسه‌ها قیود و الزامات لازم در فصول آتی ارائه خواهد شد.

جدول (۱- ۴۹) کلاسه‌بندی پارامتر دسترسی شبکه

عنوان	معمولی	سنگین	فوق سنگین
پارامتر وضعیت دسترسی	دسترسی مناسب	دسترسی مشکل	مناطق صعب العبور

۱-۱۱-۳- کلاسه‌بندی پارامترهای الکتریکی مشترکین

موضوع پهنه‌بندی از دیدگاه شاخص‌های الکتریکی در شرکت‌های توزیع بر اساس ۴ شاخص مهم الکتریکی مشترکین در اینجا مورد اشاره قرار گرفته است. موضوعات بسیار متنوع دیگری نیز در مبحث پهنه‌بندی شاخص‌های الکتریکی قابل طرح است اما در این مرحله به همین تعداد بسنده شده است. در ادامه پروژه و با ورود به جزئیات محاسبات الکتریکی و انتخاب تجهیزات و مشخص‌کردن روش‌های طراحی، شاخص‌های دیگری نیز به این مجموعه اضافه خواهد شد. ۴ شاخص کلیدی طرح شده در این مرحله عبارتند از مصرف انرژی سرانه، ضریب بار مشترکین، منحنی ضریب همزمانی و تراکم مشترکین. این موضوعات البته بیش از سایر تعرفه‌ها برای مشترکین خانگی حائز اهمیت و کاربردی است. انتخاب تجهیزات شامل هادی‌ها، ظرفیت پست‌های توزیع، طراحی شبکه فشارمتوسط و محاسبات اقتصادی طرح‌ها به شدت به مقادیر این شاخص‌ها وابسته است.

کلاسه‌بندی پیشنهادی در جدول (۱– ۵۰) و جدول (۱– ۵۱) بر اساس تجربه این شرکت در انجام مطالعات شبکه توزیع و آنالیز اطلاعات مشترکین در نقاط مختلف کشور به دست آمده است.

- مصرف انرژی سرانه: در بسیاری از نقاط کشور و خصوصاً شهرستان‌های کوچک‌تر در مناطق با آب و هوای غیر گرمسیر، میزان مصرف انرژی سالانه کمتر از ۲۰۰۰ کیلووات ساعت است. در این حالت مقدار پیک بار مشترکین و میزان مصرف انرژی سالانه پایین‌تر از سایر مناطق است. می‌توان این مناطق را تحت عنوان مشترکین کم‌مصرف نیز در نظر گرفت. گروه دیگر مشترکینی در مناطق غیر گرمسیر هستند که در مقایسه با سایر مشترکین پرمصرف‌تر بوده و مرفه‌تر محسوب می‌شوند. گروه آخر غالباً مربوط به مناطق گرمسیر است و استفاده از تجهیزات سرمایشی در ماه‌های زیادی از سال بخش اصلی بار مشترکین خانگی را تشکیل می‌دهد.

- ضریب بار: اگر تعداد ساعاتی که مشترک خانگی از تجهیزات سرمایشی استفاده می‌کند کم باشد، ضریب بار مشترک کم خواهد بود. اگر مشترک از تجهیزات سرمایشی پر مصرف استفاده نکند و یا در مناطق گرمسیر باشد، ضریب بار بالاتر خواهد بود.
- منحنی ضریب همزمانی: ضریب همزمانی در واقع منحنی بر اساس تعداد مشترک است. نقطه شروع بجز در مناطق گرمسیر که بالاتر از ۵/۵ کیلووات به ازای هر مشترک است، شروع می‌شود و نقطه اشباع نهایی بسته به وضعیت مصرف مشترکین، سرانه مصرف و ضریب بار سالانه می‌تواند به کمتر از ۱ کیلووات، بین ۱ تا ۲ کیلووات و بالاتر از ۲ کیلووات باشد. در طراحی شبکه توزیع و تعیین ظرفیت تجهیزات خصوصاً کابل‌ها و ترانسفورماتورها، این شاخص از اهمیت بالایی برخوردار است.
- تراکم مشترکین: تراکم مشترکین خانگی نقش کلیدی در چگونگی طراحی شبکه و انتخاب تجهیزات دارد. مرزهای در نظر گرفته شده بر اساس دسته‌بندی به شیوه ساختمان‌سازی ویلایی تا دو طبقه، آپارتمان‌سازی ۳ تا ۵ طبقه و مجتمع‌های بلندمرتبه می‌باشد. البته با توجه به تفاوت مساحت هر واحد مسکونی، لزوماً تعداد طبقه ملاک مناسب نیست.

جدول (۱- ۵۰) کلاسه‌بندی برخی از مهمترین شاخص‌های الکتریکی مشترکین (تجربی)

عنوان شاخص	روش کلی محاسبه	شرایط معمولی	شرایط سنگین	شرایط فوق سنگین
مصرف انرژی سرانه	مقدار انرژی مصرفی مشترکین منطقه در سال (متوسط گیری برای حداقل ۱۰۰۰ مشترک دارای مصرف در حداقل ۳ سال گذشته به تفکیک روستایی و شهری در هر شهرستان)	کمتر از ۲۰۰۰ کیلووات ساعت	بین ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ کیلووات ساعت	بیش از ۴۰۰۰ کیلووات ساعت
ضریب بار	متوسط بار سالانه به پیک بار متداول سالانه مشترکین (محاسبه برای مشترکین هر شهرستان به تفکیک روستایی و شهری)	بیش از ۴۵٪	بین ۳۰٪ تا ۴۵٪	کمتر از ۳۰٪
منحنی ضریب همزمانی	از طریق تعیین نقطه اشباع بار مشترکین در هر شهرستان و برازش منحنی بر منحنی IEC می‌توان تخمینی از ضریب همزمانی مشترکین برای تعداد مشخص مشترک به دست آورد.	اشباع روی کمتر از ۱ کیلووات برای بیش از ۱۰۰ مشترک	اشباع روی ۱ تا ۲ کیلووات برای بیش از ۱۰۰ مشترک	اشباع روی بیش از ۲ کیلووات برای بیش از ۱۰۰ مشترک

جدول (۱- ۵۱) کلاسه‌بندی پیشنهادی تراکم مشترکین (تجربی)

عنوان شاخص	روش کلی محاسبه	شرایط سبک	شرایط متوسط	شرایط سنگین
چگالی بار و فاصله متوسط مشترکین	وات بر متر مربع و فاصله مشترک	کمتر از یک وات بر متر مربع یا متوسط فاصله مشترکین بیش از ۲۰ متر	بین ۱ تا ۶ وات بر متر مربع فاصله متوسط مشترکین بین ۵ تا ۲۰ متر	بیش از ۶ وات بر متر مربع یا فاصله متوسط مشترکین کمتر از ۵ متر

۱-۱۲- جمع‌بندی

در مطالعات انجام شده در مرحله اول و دوم پروژه تدوین فلسفه طراحی شبکه توزیع برق، ضمن مروری بر مهمترین مراجع داخلی و بین‌المللی مرتبط، پارامترهای اقلیمی، جغرافیایی، زیست-محیطی، اجتماعی و الکتریکی مؤثر در طراحی شبکه توزیع شناسایی گردید و بر مبنای حدود تغییرات مورد نیاز در بخش طراحی، کلاسه‌بندی این پارامترها انجام شد.

از آنجا که غالباً مقادیر استاندارد در انتخاب تجهیزات و محاسبات شبکه، پوشش‌دهنده شرایط معمولی اقلیمی، جغرافیایی، زیست-محیطی، اجتماعی و الکتریکی است، در اغلب موضوعات، کلاسه‌بندی به دسته‌های آسان‌تر یا ضعیف‌تر از معمولی پیشنهاد نشده است. با خروج از حالت معمولی به حالت اضطراری یا سنگین، برای تأمین برق پایدار در آن بایستی تدارکات لازم دیده شود، یک مرز دیگر بین شرایط اضطراری (سنگین) و خطرناک (فوق سنگین) شناسایی شده است که غالباً دلیل آن تغییر در جزئیات طرح و یا انتخاب تجهیزات و در نظر گرفتن نکات سختگیرانه بیشتر است. در ادامه پروژه با انجام مطالعات جزئی‌تر بر تجهیزات و مراحل طراحی، این مرزها ممکن است تغییر یابد. خلاصه نتایج کلاسه‌بندی پارامترهای مؤثر در طراحی شبکه توزیع در جدول (۱- ۵۲) ارائه شده است.

جدول (۱- ۵۲) جمع‌بندی کلاسه‌بندی‌ها

عنوان	توضیحات شاخص		سطح بندی		
	عنوان	رابطه یا توزیع مربوطه	معمولی	سنگین	فوق سنگین
پارمترها و کلاسه‌بندی مربوط به دمای هوا	حداکثر دمای هوای معمول	رابطه (۲-۱)	$t \le 35^{\circ C}$	$35^{\circ C} < t \le 40^{\circ C}$	$t > 40^{\circ C}$
	حداقل دمای هوای محتمل	توزیع گامبل با دوره بازگشت ۵۰ ساله	$t \ge -5^{\circ C}$	$-15^{\circ C} \le t < -5^{\circ C}$	$t < -15^{\circ C}$
	حداکثر دمای هوای محتمل	توزیع گامبل با دوره بازگشت ۵۰ ساله	$t \le 35^{\circ C}$	$35^{\circ C} < t \le 40^{\circ C}$	$t > 40^{\circ C}$
پارامترها و کلاسه‌بندی مربوط به حداکثر سرعت وزش باد محتمل	عنوان	رابطه یا توزیع مربوطه	معمولی	سنگین	فوق سنگین
	حداکثر سرعت باد محتمل مناطق غیر مستعد سقوط درختان	توزیع گامبل با دوره بازگشت ۵۰ ساله	$S_w \le 50km/h$	$50 < S_w \le 87km/h$	$S_w > 87km/h$
	حداکثر سرعت باد محتمل مناطق مستعد سقوط درختان	توزیع گامبل با دوره بازگشت ۵۰ ساله	$S_w \le 40km/h$	$40 < S_w \le 87km/h$	$S_w > 87km/h$
کلاسه‌بندی شاخص یخ منطقه	کلاسه بندی پیشنهادی		معمولی	سنگین	فوق سنگین
	شاخص یخ منطقه		S3,S2,S1	S4	S5
	مقدار یخ		کمتر از ۲۵	بزرگتر از ۲۵	بزرگتر از ۵۰
	تعداد روزهای با یخ جوی در سال		کمتر از ۳۰ روز	بیش از ۳۰ روز	بیشتر از ۶۰ روز

عنوان	توضیحات شاخص		سطح بندی		
	درصد زمان سال با وجود یخ جوی		کمتر از ۱۰ درصد	بیش از ۱۰ درصد	بیش از ۲۰ درصد
کلاسه‌بندی پارامتر فشار سطحی هوا بر حسب کیلو پاسکال	کلاسه‌بندی پیشنهادی		معمولی	کم	خیلی کم
	بر اساس فشار سطحی هوا (کیلو پاسکال)		بیشتر از ۹۰	بین ۸۵ و ۹۰	کمتر از ۸۵
کلاسه‌بندی پارامتر رعد و برق	عنوان	رابطه یا توزیع مربوطه	معمولی	سنگین	فوق سنگین
	شدت رعد و برق	توزیع گامبل با دوره بازگشت ۵۰ ساله	۱۰>کیلوآمپر	۱۶-۱۰کیلوآمپر	۱۶>کیلوآمپر
	تعداد روزهای وقوع در سال	توزیع گامبل با دوره بازگشت ۵۰ ساله	کمتر از ۱۰ روز	۱۰ تا ۱۵ روز	بیش از ۱۵ روز
نتیجه کلاسه‌بندی حریم مسیل‌ها برای پارامتر سیل	عنوان		معمولی	حساس	خطرناک
	کلاسه‌بندی حریم مسیل		در بالادست سد وجود دارد یا مسیل متروکه است.	بالادست سد وجود ندارد اما مسیر لایروبی شده و سابقه سیل شدید و خروج از مسیل در منطقه وجود ندارد.	بالادست بدون سد، مسیر لایروبی نشده و منطقه سیل‌خیز است.
			۵ متر	۱۰ متر	۲۰ متر

	عنوان	سبک	متوسط	سنگین	خیلی سنگین
پهنه‌بندی بر اساس پارامتر آلودگی هوا از دیدگاه مجاورت با منابع آلودگی	سطح آلودگی	ناحیه‌های بدون کارخانه و با تراکم کمی از خانه‌های مسکونی.	نواحی با کارخانه‌هایی که دارای دود آلوده‌کننده مخصوصی هستند و یا ناحیه‌های با تراکم متوسطی از کارخانه‌هایی که دارای لوازم گرمازا هستند.	ناحیه‌هایی با تراکم زیاد کارخانه و شهرهای بزرگی که دارای حومه در اطراف خود هستند با منابع گرمایی که مولد آلودگی هستند.	ناحیه‌هایی که دارای گرد و غبارهای محلی بوده و کارخانه‌هایی که مولد مواد آلوده‌کننده همراه با ذرات ریز معلق هستند.
		ناحیه‌های با تراکم کم کارخانه‌های صنعتی و خانه با وزش باد و بارندگی همیشگی.	ناحیه‌هایی با تراکم خانه‌ها و یا تراکم کارخانه‌ها با وزش مداوم باد و باران با بارش مداوم باران.	نواحی نزدیک به دریا که در تمام شرایط در معرض وزش بادهای به نسبت شدید از طرف دریا هستند.	ناحیه‌هایی با وسعت محدود که خیلی به ساحل دریا نزدیک بوده و در معرض قطرات ریز آب دریا و بادهای آلوده‌ی خیلی قوی از طرف دریا هستند.
		نواحی کشاورزی.	ناحیه‌هایی که از سمت دریا در معرض باد بوده ولی خیلی به ساحل دریا نزدیک نیستند (کمتر از حداقل چندین کیلومتر فاصله وجود دارد.)		
		نواحی کوهستانی.			
		* تمامی نواحی بالا باید دارای حداقل فاصله‌ای برابر با ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر از دریا بوده و دارای وزش مستقیم باد از طرف دریا نباشد.			نواحی خشک و بدون باران که در معرض بادهای شنی قرار دارند.

	کلاس آلودگی	خیلی سبک	سبک	متوسط	سنگین	فوق سنگین
کلاسه‌بندی شاخص شدت آلودگی سایت	ماکزیمم ماهیانه در یک سال	کمتر از ۵۰	بین ۵۰ تا ۱۷۵	بین ۱۷۵ تا ۵۰۰	بین ۵۰۰ تا ۸۵۰	بیش از ۸۵۰
	متوسط ماهیانه در یک سال	کمتر از ۲۵	بین ۲۵ تا ۷۵	بین ۷۵ تا ۲۰۰	بین ۲۰۰ تا ۳۵۰	بیش از ۳۵۰

	عنوان	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	بیش از اندازه
رده خورندگی اتمسفر	رده خورندگی	C1	C2	C3	C4	C5	CX

کلاسه‌بندی پیشنهادی برای پارامتر میزان تابش آفتاب	عنوان		معمولی		سنگین		فوق سنگین
	میزان تابش آفتاب		کمتر از ۳۰۰۰ ساعت در سال		بیشتر از ۳۰۰۰ ساعت و کمتر از ۳۶۰۰ ساعت در سال		بیشتر از ۳۶۰۰ ساعت در سال
کلاسه‌بندی پیشنهادی میزان اشعه فرابنفش	عنوان		معمولی		سنگین		فوق سنگین
	میزان تابش آفتاب		کمتر از ۵		۶ تا ۱۰		بیش از ۱۰
کلاسه‌بندی پیشنهادی خطر وقوع زلزله	شیوه محاسبه	تابع توزیع احتمال مناسب	معمولی		اضطراری (پر خطر)		خطرناک
	بر حسب شتاب طیفی برحسب g در دوره تناوب ۰,۲ ثانیه با ۱۰ احتمال فزونی در ۵۰ سال	توزیع پواسن	کمتر از ۰/۵		کمتر از ۰/۵ بین ۰/۵ تا ۱/۴		بیش از ۱/۴
زیر همبستگی پارامترهای خاک و عدد SPT	عنوان		خیلی شل	شل	متوسط	متراکم	خیلی متراکم
	زاویه اصطکاک داخلی (درجه)		<۲۸	۲۸-۳۰	۳۰-۳۶	۳۶-۴۰	>۴۱
	D_r (%)	(دانسیته خاک)	۰-۱۵	۱۵-۳۵	۳۶-۶۵	۶۵-۸۵	>۸۵
	(وزن مخصوص)		۱۱-۱۳	۱۴-۱۶	۱۷-۱۹	۲۰-۲۱	>۲۱
	N_{60}	(عدد SPT اصلاح شده)	۰-۳	۳-۹	۲۵-۹	۲۵-۴۵	>۴۵

	عنوان	خاک تیپ یک	خاک تیپ دو	خاک تیپ سه	خاک تیپ چهار
کلاسه‌بندی پیشنهادی زمین	سطح سختی خاک	این نوع از خاک سنگ و شبه‌سنگ بوده و شامل سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک‌های سیمانته بسیار محکم با حداکثر ۵ متر مصالح ضعیف‌تر تا سطح زمین جزو خاک تیپ ۱ می‌باشند. سرعت موج برشی عبوری در خاک تیپ یک بیشتر از ۷۵۰ متر بر ثانیه است.	خاک خیلی متراکم یا سنگ سست، شامل شن و ماسه خیلی متراکم، رس بسیار سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر که مشخصات مکانیکی آن با افزایش عمق به تدریج بهبود یابد، جزو خاک تیپ ۲ می‌باشند. سرعت موج برشی در خاک تیپ ۲ بین ۳۷۵ تا ۷۵۰ متر بر ثانیه است.	خاک متراکم تا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس‌های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر جز خاک تیپ ۳ می‌باشند. سرعت موج برشی در خاک تیپ سه بین ۱۷۵ تا ۳۷۵ متر بر ثانیه است.	خاک متوسط تا نرم، لایه‌های خاک غیر چسبنده یا با کمی خاک چسبنده با تراکم متوسط تا کم، لایه‌های خاک کاملا چسبنده نرم تا محکم جز خاک تیپ ۴ می‌باشند. سرعت موج برشی در خاک تیپ چهار کمتر از ۱۷۵ متر بر ثانیه است.
کلاسه‌بندی پیشنهادی خورندگی خاک بر اساس مقاومت ویژه الکتریکی	مقاومت ویژه الکتریکی	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
	محدوده مقاومت ویژه بر حسب ohm-cm	کمتر از ۲۰۰۰	بین ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰	بین ۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰	بیش از ۲۰۰۰۰
	استعداد خورندگی	شدید	متوسط	کم	خیلی کم

کلاسه‌بندی خورندگی خاک با پارامترهای مقاومت و PH	خوردگی	کم	متوسط-کم	متوسط	زیاد- متوسط	زیاد
	مقاومت خاک (اهم در سانتی متر)	>۲۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰	>۵۰۰۰	>۴۵۰۰	_
	PH	۹,۵-۶,۰	۶,۰-۵,۵	۵,۵-۴,۵	۴,۵ - ۳,۵	۳,۵>
		متوسط-کم		متوسط	زیاد- متوسط	زیاد
	مقاومت خاک (اهم در سانتی متر)	۲۰۰۰۰-۱۰۰۰۰		۱۰۰۰۰-۳۰۰۰	۵۰۰۰-۴۵۰۰	<۴۵۰۰
	PH	۹,۵-۶,۰		۹,۵-۶,۰	۵,۵-۴,۵	۴,۵ - ۳,۵
		متوسط			زیاد- متوسط	زیاد
	مقاومت خاک (اهم در سانتی متر)	۱۰۰۰۰-۵۰۰۰			۵۰۰۰-۱۰۰۰	<۴۵۰۰
	PH	۶/۰ - ۵/۵			۶/۰ – ۵/۵	۵/۵ – ۴/۵
		زیاد- متوسط				زیاد
	مقاومت خاک (اهم در سانتی متر)	۳۰۰۰-۱۰۰۰				<۱۰۰۰
	PH	۹/۵ – ۶/۰				۶/۰ – ۵/۵
		زیاد				
	مقاومت خاک (اهم در سانتی متر)	<۱۰۰۰				
	PH	۹/۵ – ۶/۰				

جدول خوردگی خاک با پارامتر الکتریکی خاک مقاومت	عنوان -(سطح خوردگی)	بدون خوردگی	خوردگی کم	خوردگی متوسط	خوردگی نسبتا زیاد	خوردگی زیاد	خوردگی شدید
	مقاومت الکتریکی خاک	>۲۰۰۰۰	۱۰۰۰۰-۲۰۰۰۰	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	۳۰۰۰-۵۰۰۰	۱۰۰۰-۳۰۰۰	<۱۰۰۰

کلاسه‌بندی پیشنهادی بر اساس نتایج اندازه‌گیری	عنوان	معمولی	سنگین	فوق سنگین
	مقاومت ویژه الکتریکی خاک	کمتر از ۱۰ اهم	بین ۱۰ تا ۱۰۰ اهم	بیش از ۱۰۰ اهم
مرزبندی هدایت گرمایی خاک	کلاس بندی	هدایت کم	هادی معمولی	هدایت زیاد
	Thermal resistivity, Km/W	۲/۰ – ۰/۵	۲/۹ – ۲/۱	۳ <

کلاسه‌بندی پارامتر امکان برخورد شاخ و برگ درختان	عنوان	معمولی	اضطراری	خطرناک
	درصد طول شبکه فشارمتوسط نمونه قابل برخورد با شاخ و برگ درختان طی ۵ سال آینده	زیر ۲۰ درصد	۲۰ درصد تا ۸۰ درصد	بیش از ۸۰ درصد
	درصد طول شبکه فشارضعیف نمونه قابل برخورد با شاخ و برگ درختان طی ۵ سال آینده	زیر ۱۰ درصد	۱۰ درصد تا ۹۰ درصد	بیش از ۹۰ درصد
کلاسه‌بندی از دیدگاه زیست‌گاه جانوران	نوع شبکه	معمولی		خطرناک
	شبکه هوایی	عدم وجود جانوران اثرگذار بر پایه‌های چوبی		وجود جانورانی که اقدام به تضعیف پایه‌های چوبی می‌شوند.
		عدم وجود جانوران صعود کننده		وجود جانوران جانوران صعود کننده
	شبکه زمینی	عدم وجود جانوران اثرگذار بر روکش کابل‌های شبکه برق		وجود جوندگان در کانال کابل زمینی و احتمال تخریب روکش کابل
کلاسه‌بندی پارامتر پرنده‌زدگی بر اساس جثه پرنده	عنوان	معمولی	اضطراری	خطرناک
	بر اساس جثه پرنده	پرنده‌های با سایز کمتر از ۲۵ سانتی متر	پرنده‌های با سایز ۲۵ تا ۵۰ سانتی متر	پرنده با سایز بزرگتر از ۵۰ سانتی متر
کلاسه‌بندی خطاهای گذرا و پرنده‌زدگی در آمار خاموشی (تجربی)	عنوان	معمولی	اضطراری	خطرناک
	نرخ وقوع پرنده زدگی در واحد طول شبکه بر حسب کیلومتر در سال	کمتر از ۰/۲	بین ۰/۲ تا ۰/۴	بیش از ۰/۴
کلاسه‌بندی پارامتر پدافند غیرعامل و امنیت شهری	عنوان	معمولی	مهم	حیاتی
	وضعیت مشترکین منطقه	فاقد مشترکین خاص	دارای مشترکین مهم و ضروری	دارای مشترکین حساس و حیاتی
	وضعیت فیدر	معمولی	مهم	حساس و حیاتی
	وضعیت تکه شبکه	شاخه‌های فرعی فیدر فشار متوسط	تنه اصلی فیدر فشار متوسط	سرخط فیدر فشار متوسط
کلاسه‌بندی بارهای سیاسی، نظامی، امنیتی و خاص با ترکیب اهمیت و میزان بار	سطح اهمیت بار	زیر ۲۵۰ کیلووات	بین ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ کیلووات	یک مگاوات و بالاتر
	حیاتی	اولویت ۲	اولویت ۱	اولویت ۱
	حساس	اولویت ۳	اولویت ۲	اولویت ۱
	مهم	اولویت ۳	اولویت ۳	اولویت ۲
	ویژه	اولویت ۲	اولویت ۱	اولویت ۱

کلاسه بندی پارامتر احتمال بروز سرقت تجهیزات و شبکه	عنوان پارامتر	معمولی	نامناسب	خطرناک
	احتمال سرقت تجهیزات و شبکه	بدون سابقه سرقت	با سابقه سرقت کم	با سابقه سرقت زیاد
کلاسه‌بندی بارها از دید اقتصادی	عنوان	معمولی	مهم	بسیار مهم
	ارزش خسارت خاموشی	کمتر از ۱۰ دلار برای هر کیلووات ساعت	بین ۱۰ تا ۵۰۰ دلار به ازای هر کیلووات ساعت	بیش از ۵۰۰ دلار به ازای هر کیلووات ساعت
کلاسه‌بندی از دیدگاه اهداف در مبلمان شهری (تجربی)	عنوان	معمولی	حریم دار	ویژه
	ویژگی تعیین شده برای هر حالت	شبکه فشارمتوسط و فشارضعیف و پست هوایی مجاز باشد.	بدون شبکه هوایی فشارمتوسط	بدو ن شبکه هوایی فشارضعیف و متوسط و پست هوایی
کلاسه‌بندی پیشنهادی از منظر اتصال نیروگاه‌های تولید پراکنده به شبکه فشارمتوسط	عنوان	معمولی	سنگین	فوق سنگین
	نوع و ظرفیت نیروگاه متصل به شبکه	بدون نیروگاه تولید پراکنده	نیروگاه تولید پراکنده با ظرفیت کمتر از یک مگاوات غیر خورشیدی یا خورشیدی کمتر از ۲ مگاوات	نیروگاه تولید پراکنده با ظرفیت بالای یک مگاوات غیر خورشیدی یا خورشیدی بالای ۲ مگاوات
کلاسه‌بندی پیشنهادیاز منظر اتصال نیروگاه‌های تولید پراکنده به شبکه فشارضعیف	عنوان	معمولی	سنگین	فوق سنگین
	نوع و ظرفیت نیروگاه متصل به شبکه	بدون نیروگاه تولید پراکنده	نیروگاه خورشیدی تولید پراکنده با ظرفیت کمتر از ۵۰ درصد ظرفیت ترانسفورماتور پست توزیع	نیروگاه غیر خورشیدی یا نیروگاه خورشیدی با ظرفیت بیش از ۵۰ درصد ترانسفورماتور پست توزیع
کلاسه بندی پارامتر دسترسی شبکه	عنوان	معمولی	سنگین	فوق سنگین
	پارامتر وضعیت دسترسی	دسترسی مناسب	دسترسی مشکل	مناطق صعب العبور

	عنوان شاخص	روش کلی محاسبه	شرایط معمولی	شرایط سنگین	شرایط فوق سنگین
کلاسه‌بندی برخی از مهمترین شاخص‌های الکتریکی مشترکین (تجربی)	مصرف انرژی سرانه	مقدار انرژی مصرفی مشترکین منطقه در سال (متوسط گیری برای حداقل ۱۰۰۰ مشترک دارای مصرف در حداقل ۳ سال گذشته به تفکیک روستایی و شهری در هر شهرستان)	کمتر از ۲۰۰۰ کیلووات ساعت	بین ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ کیلووات ساعت	بیش از ۴۰۰۰ کیلووات ساعت
	ضریب بار	متوسط بار سالانه به پیک بار متداول سالانه مشترکین (محاسبه برای مشترکین هر شهرستان به تفکیک روستایی و شهری)	بیش از ۴۵٪	بین ۳۰٪ تا ۴۵٪	کمتر از ۳۰٪
	منحنی ضریب همزمانی	از طریق تعیین نقطه اشباع بار مشترکین در هر شهرستان و برازش منحنی بر منحنی IEC می‌توان تخمینی از ضریب همزمانی مشترکین برای تعداد مشخص مشترک بدست آورد.	اشباع روی کمتر از ۱ کیلووات برای بیش از ۱۰۰ مشترک	اشباع روی ۱ تا ۲ کیلووات برای بیش از ۱۰۰ مشترک	اشباع روی بیش از ۲ کیلووات برای بیش از ۱۰۰ مشترک
	تراکم مشترکین	تعداد مشترک در هر هکتار	کمتر از ۷۰ مشترک	بین ۷۰ تا ۱۵۰ مشترک	بیش از ۱۵۰ مشترک

مراجع

۱. طرح پهنه‌بندی اقلیمی و بارگذاری خطوط انتقال نیروی کشور ۱۳۹۶, پژوهشگاه نیرو.

۲. دستورالعمل تدوین اطلس جامع آسیب پذیری شبکه توزیع برق در برابر رخدادهای طبیعی در بستر GIS. ۱۳۹۷, توانیر.

۳. دستورالعمل پیاده‌سازی و رویه‌های اجرایی مقاوم‌سازی در شبکه‌های توزیع برق. ۱۳۹۹, توانیر.

۴. دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی. ۱۴۰۰, توانیر.

۵. دستورالعمل الزامات پیاده سازی محاسبات الکتریکی شبکه‌های توزیع. ۱۳۹۹, توانیر.

6. NS220: OVERHEAD DESIGN MANUAL. 2020, Ausgrid.

7. Agustín, E.-S.C., Estimation of extreme wind speeds by using mixed distributions. Ingeniería, investigación y tecnología, 2013. **14**(2): p. 153-162.

8. Greenhough, J. and I. Main, A Poisson model for earthquake frequency uncertainties in seismic hazard analysis. Geophysical research letters, 2008. **35**(19).

9. Li, J. and A.D. Heap, A review of spatial interpolation methods for environmental scientists. 2008.

10. Li, J. and A.D. Heap, Spatial interpolation methods applied in the environmental sciences: A review. Environmental Modelling & Software, 2014. **53**: p. 173-189.

11. Commission, I.E., IEC60354: Loading guide for oil immersed power transformers. International Electrotechnical Commission Standard, Geneva, Switzerland, 1991.

۱۲. استاندارد کابل‌های مورد استفاده در شبکه توزیع ۱۳۷۷, توانیر.

۱۳. استاندارد راکتورهای مورد استفاده در شبکه های توزیع. ۱۳۷۴, توانیر.

۱۴. خورشیددوست, توزیع زمانی و مکانی پدیده رعد و برق در ایران با استفاده از داده های سنجنده ثبت رعد و برق (.(LISجغرافیا و مخاطرات محیطی.107-89 .p :(6)**21** , 2017.

۱۵. مجرد, ,.et al تحلیل ویژگی های روزهای شرجی در ایران. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی .2019 , **24**(6): p. 19-36.

16. Hedir, A. and M. Moudoud, *Effect of ultraviolet radiations on medium and high voltage cables insulation properties.* International Journal of Engineering and Technology, 2016. **8**(5): p. 2308-2317.

۱۷. آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله – استاندارد ۲۸۰۰. ۱۳۹۳, مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.

۱۸. بفروئی, م., ,.et al پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در ایران و برآورد مقادیر بیشینه شتاب برای مراکز استان‌ها. فیزیک زمین و فضا.38-15 .p :(4)**40** , 2014.

۱۹. شهید, ر. and رحیمی, پهنه‌بندی خطر زمین لرزه با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ((AHPو سامانه اطلاعات جغرافیایی ()(GISمطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان سمیرم). یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی.118-109 .p :(22)**11**. 2017 ,

20. Committee, A. Building code requirements for structural concrete (ACI 318-08) and commentary. 2008. American Concrete Institute.
21. Standard, A. Building code requirements for structural concrete (ACI 318-11). in American Concrete Institute. 2011.
22. Aki, H., Demand-side resiliency and electricity continuity: Experiences and lessons learned in Japan. Proceedings of the IEEE, 2017. **105**(7): p. 1443-1455.
23. Phoon, K.-K., Reliability-based design of foundations for transmission line structures. 1995: Cornell University.

۲۴. استاندارد ۲۸۰۰: آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله ۱۳۹۳, مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

25. Rodriguez, L., I. Balsera, and F. JV, FO, and Perez, FR 2018. Methods to Evaluate Corrosion in Buried Steel Structures: A Review. Metals.
26. Mosuro, G., M. Oloruntola, and O. Bayewu. Geophysical Characterization of Subsurface Layers, Soil Competency and Corrosivity at Iganran South-west Nigeria. in 5th EAGE St. Petersburg International Conference and Exhibition on Geosciences-Making the Most of the Earths Resources. 2012. EAGE Publications BV.
27. Li, G., et al. Research on evaluation method of soil corrosive property to grounding grid in transformer substation. in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. IOP Publishing.
28. European standard EN 12501-2: Protection of metallic materials against corrosion. Corrosion likelihood in soil—part 2: low alloyed and non alloyed ferrous materials.
29. European standards DIN 50929-3: Corrosion of metals - Corrosion likelihood of metallic materials when subject to corrosion from the outside - Part 3: Buried and underwater pipelines and structural components.
30. EDITION, T.A., 2017 National Electrical Safety Code®(NESC)®. 2016.
31. ; Available from: https://electrical-engineering-portal.com/.
32. Policy Paper: PROTECTING BIRDS FROM POWER LINES FOCUSING ON COUNTRIES OF DANUBE/CARPATHIAN REGION. Raptor Protection of Slovakia.
33. Sporer, M.K., et al., Marking power lines to reduce avian collisions near the Audubon National Wildlife Refuge, North Dakota. Wildlife Society Bulletin, 2013. **37**(4): p. 796-804.

۳۴. سازمان حفاظت محیط زیست - مقالات تخصصی [cited 1402; Available from:
https://wl.doe.ir/portal/home/?340843/%D9%85%D9%82%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%AA-%D8%AA%D8%AE%D8%B5%D8%B5%DB%8C.

35. *WILDLIFE & ASSET PROTECTION CATALOG*, T. Connectivity, Editor., TE Connectivity.

۳۶. مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط توزیع برق هوایی و کابلی فشار متوسط و فشار ضعیف نشریه شماره ۳۷۴. ۱۳۸۶, توانیر.

37. Sullivan, M.J., M. Mercurio, and J. Schellenberg, *Estimated value of service reliability for electric utility customers in the United States*. 2009, Lawrence Berkeley National Lab.(LBNL), Berkeley, CA (United States).