

مقالات تخصصی و پژوهشی

Risk assessment of 20 kV lines using parameters Meteorology in the context of the Spatial Information System (GIS) (Case study of Gonbad Kavous electricity distribution management)

Faramarz Ashjaee* (a), Ahmad Gholami (b), Mohammadtaghi Ettehad (c), Seyed Aliakbar Hoseyni Fard (d),
Mehrdad Ashjaee (e)

(a), (c), (d) Golestan Electric Power Distribution company, Fara.ashjaee@yahoo.com

(b) Associate Professor of University of Science and Technology, Iran, Tehran, Gholami@iust.ac.ir

(e) Msc student, Sharif University of Technology

(* Corresponding author: Faramarz Ashjaee)

Abstract

There is no risk to the avoidance system, but identifying and evaluating the risk is essential to reducing or counteracting it. In this article, using GIS data of Golestan Electricity Distribution Company, spatial and descriptive information of insulators including insulator life, shape, structure and arrangement of insulators of 20 kV lines are distributed, extracted and based on statistical and experimental information. Insulators and some meteorological parameters, using the model of the backup vector machine, the parameters of which are optimized by the particle density method, the estimated surface electrical failure rate and the risk risk associated with the relevant feeder are specified. Finally, by calculating the model error and comparing it with the actual values, the correctness of the model is discussed and based on the proposed model, the status of the system and high-risk lines are determined and measures are taken to prevent certainty and damage in the system.

Keywords: risk, electrical failure rate, insulator, GIS, backup vector machine.

ارزیابی خطرپذیری خطوط ۲۰ کیلوولت با استفاده از پارامترهای هواشناسی در بستر سامانه اطلاعات مکانی (GIS) (مطالعه موردی مدیریت توزیع نیروی برق شهرستان گنبد کاووس)

فaramarz اشجعی سنزیقی^۱، احمد غلامی^۲، محمدتقی اتحاد^۳، سید علی اکبر حسینی فرد^۴، مهرداد اشجعی سنزیقی^۵

^{۱و۳و۴} شرکت توزیع نیروی برق استان گلستان

Fara.ashjaee@yahoo.com

^۲ دانشیار دانشگاه علم و صنعت ایران - تهران

Gholami@iust.ac.ir

^۵ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

از بروز خطرات برای سیستم گریزی نیست لیکن شناسایی و ارزیابی میزان خطر به منظور کاهش یا مقابله با آن اقدامی ضروری است. در این مقاله با بهره‌گیری از داده‌های GIS شرکت توزیع نیروی برق استان گلستان، اطلاعات مکانی و توصیفی مقره‌ها شامل عمر مقره، شکل، ساختمان و نحوه آرایش دسته مقره‌های خطوط ۲۰ کیلوولت توزیع، استخراج و بر اساس اطلاعات آماری و تجربی خرابی مقره‌ها و برخی پارامترهای هواشناسی و با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان که پارامترهای آن با روش ازدحام ذرات بهینه می‌شود، نرخ شکست الکتریکی سطحی تخمین و ریسک خطر مربوط به فیدر مربوطه مشخص شده است. در نهایت با محاسبه خطای مدل و مقایسه با مقادیر واقعی، درستی مدل مورد بحث قرار گرفته و بر مبنای مدل پیشنهادی، وضعیت سیستم و خطوط پرخطر مشخص و تمهیداتی جهت جلوگیری از بروز قطعی و خسارت در سیستم پیشنهاد می‌شود.

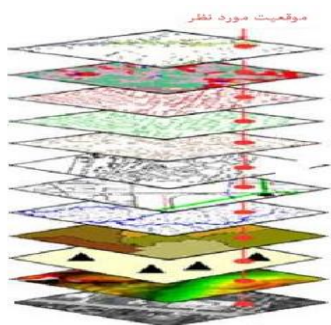
کلمات کلیدی: خطرپذیری، نرخ شکست الکتریکی، مقره، GIS، ماشین بردار پشتیبان.

۱- مقدمه

پیش‌بینی نرخ شکست خطوط ارزیابی شده و پیشنهادهایی به منظور مقابله یا کاهش آن برای مدیریت بهینه شبکه ارائه می‌شود.

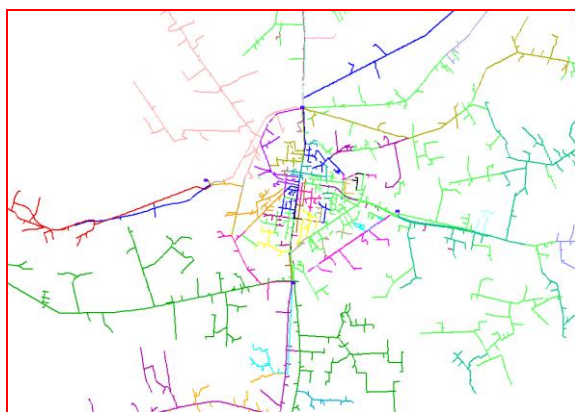
۱-۱- سامانه اطلاعات مکانی (GIS)

سامانه اطلاعات مکانی (GIS)، سیستم خودکاری است که قادر به ترکیب، نگهداری، بازآوری، تحلیل و نمایش اطلاعات نگاشته شده شبکه است. سیستم GIS لایه‌های مختلف اطلاعات موردنظر را در یک منطقه به منظور درک بهتر و وابسته به موضوع، باهم ترکیب می‌کند. کاربری‌هایی از قبیل یافتن بهترین مکان‌ها برای تجهیزات، مدیریت خطرات سیستم، پایش کلی سیستم به منظور شناسایی نقاط حساس و بحرانی و ... که همگی با داشتن نمای کلی شبکه قابل انجام است. یکی از بزرگ‌ترین قابلیت‌های GIS امکان انتخاب لایه‌هایی است که به منظور مقاصد خاص موردنیاز است [9]. شکل ۱، لایه‌ها را برای یک سیستم GIS نمایش می‌دهد.



شکل (۱): لایه‌ها در GIS [8]

با اجرای پروژه GIS در مدیریت برق شهرستان گنبد کاووس کار برداشت و ورود اطلاعات مکانی و توصیفی تمامی تجهیزات و خطوط فشار متوسط ۲۰ کیلوولت در نرم‌افزار small world به انجام رسیده است. بر اساس اطلاعات GIS تعداد ۴۲ فیدر فشار متوسط وجود بیش از ۲۰۰۰۰ پایه فشار متوسط نشان‌دهنده وسعت و گستردگی بالای خطوط ۲۰ کیلوولت در این شهرستان است. شکل ۲ نقشه GIS خطوط ۲۰ کیلوولت شبکه توزیع برق شهرستان گنبد کاووس، خروجی از نرم‌افزار small world را نمایش می‌دهد.



شکل (۲): نقشه GIS خطوط ۲۰ کیلوولت

شناسایی مخاطراتی که در هر منطقه وجود دارد و به‌عنوان تهدیدی برای منطقه بشمار می‌رود و شناسایی مناطق پرحادثه یکی از اقدامات ضروری جهت مدیریت شبکه توزیع برق است. در همین راستا استفاده از سامانه اطلاعات مکانی (GIS) در کنار روش‌های علمی و محاسباتی به‌منظور پیش‌بینی و تخمین، یکی از راه‌حل‌های مؤثر در مدیریت این خطرات و برنامه‌ریزی جهت انجام اقدامات پیشگیرانه است. ترکیب داده‌ها در لایه‌های مختلف و دسترسی به داده‌های مکانی و توصیفی که بیشترین کاربرد در مدیریت خطرات را دارد، با بهره‌گیری از GIS امکان‌پذیر شده است [۱].

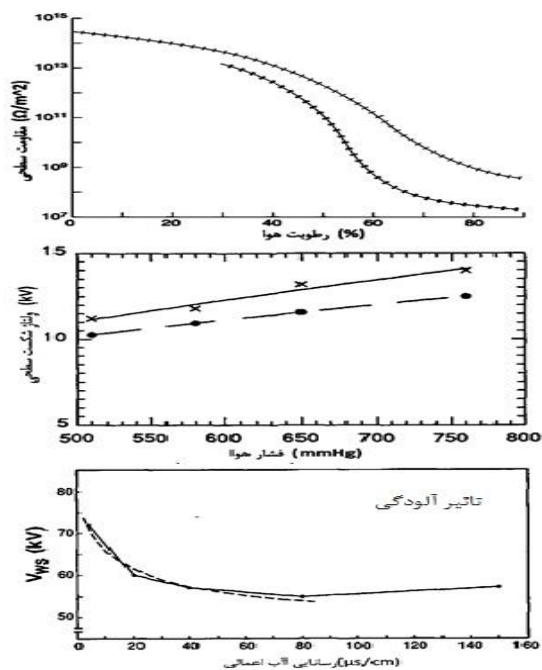
بروز خطای تک فاز در خطوط ۲۰ کیلوولت در اثر شکست الکتریکی مقره‌ها یکی از عوامل اصلی رخداد خاموشی است. وجود لایه هادی روی سطح عایق در صورت قرار داشتن آن در معرض املاح معدنی، آلودگی‌های صنعتی و ...، مقاومت الکتریکی لایه سطحی را به‌شدت کاهش می‌دهد که منجر به کم شدن استقامت عایقی و متعاقب آن وقوع قوس‌های متعدد و درنهایت شکست الکتریکی و خرابی مقره می‌گردد. پدیده شکست الکتریکی تحت تأثیر عوامل متعددی از قبیل شدت میدان الکتریکی، نوع آرایش مقره هوایی، شرایط محیطی (رطوبت، سرعت باد، آلودگی، فشار هوا، دما و ...) و همچنین ساختمان و پارامترهای هندسی و فیزیکی و جنس مقره است [6-2]. در [7,8] روش‌هایی به‌منظور پیش‌بینی نرخ شکست الکتریکی در خطوط انتقال شبکه قدرت ارائه شده است که در آن با استفاده از داده‌های هواشناسی، نرخ شکست الکتریکی سطحی خطوط به دست می‌آید. در این مدل‌ها، از برخی پارامترهای هواشناسی از قبیل دما، رطوبت، سرعت وزش باد و میزان بارش به‌عنوان ورودی مدل به‌منظور پیش‌بینی نرخ شکست الکتریکی استفاده شده است.

در شهرستان گنبد کاووس نیز بروز این مشکل همواره موجب ایجاد خسارات مادی و قطعی برق می‌گردد. در برخی مناطق خارج از شهر، دسترسی سخت و کمبود امکانات و فاصله زیاد موجب می‌شود تا زمان زیادی برای رفع عیب و برقراری دوباره خطوط صرف شود که این مسئله به نارضایتی مشتریان و تحمیل هزینه اضافی منجر می‌گردد. در این مقاله با بهره‌گیری از روش ماشین بردار پشتیبان (SVM)^۱ مدلی به‌منظور تخمین نرخ شکست الکتریکی برای خطوط ۲۰ کیلوولت به دست می‌آید. پارامترهای موردنیاز برای ساخت مدل SVM، با روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات^۲ محاسبه شده است. ورودی‌های مدل SVM عبارت‌اند از:

۱- پارامترهای هواشناسی

۲- مشخصات دسته مقره‌های خطوط، ویژگی‌های فیزیکی و نحوه آرایش آن‌ها که از روی سامانه اطلاعات مکانی (GIS)^۳ استخراج شده است.

و خروجی مدل، نرخ شکست الکتریکی خطوط است. بر اساس داده‌های تجربی شکست خطوط ۲۰ کیلوولت (از سال ۱۳۹۱ تاکنون) که در مدیریت برق گنبد ثبت شده است، آموزش الگوریتم انجام و بر مبنای مدل آموزشی، نرخ واقعی برای تمامی خطوط موردبحث در این مقاله محاسبه می‌شود. درنهایت، با محاسبه خطا، میزان دقت مدل در



شکل (۴): نمودار رابطه میان برخی مقادیر پارامترهای متغیر و ولتاژ شکست مقره [۲]

۲- ماشین بردار پشتیبان (SVM)

ماشین بردار پشتیبان (SVM) ابزاری به منظور طبقه‌بندی و رگرسیون گیری است. این روش توسط ولادیمیر وپنیک در سال ۱۹۹۷ در قالب نظریه یادگیری ماشین^۴ معرفی و توسط پژوهشگران دیگر توسعه یافته و در سال‌های اخیر به صورت گسترده‌ای در مسائل تخمین، مورد استفاده قرار گرفته است. در روش SVM کمینه‌سازی ریسک ساختاری^۵ انجام می‌گردد [۲].

عملکرد SVM بر مبنای انتخاب ابر صفحه‌ای بهینه است که داده‌های مورد نظر را با دامنه مشخصی از یکدیگر جدا می‌کند. ابر صفحه‌ای بهینه به صورت موازی با دو ابر صفحه قرار می‌گیرد به منظور حداکثر قدرت تفکیک در SVM، لازم است تا فاصله دو صفحه از هم بیشینه گردد. در صورتی که داده‌های آموزشی به صورت خطی تفکیک پذیر نباشند با نگاشت داده‌ها به فضایی با ابعاد بالاتر کار تفکیک در آن فضای ویژگی جدید انجام می‌گردد. عمل نگاشت تحت عنوان تابع هسته انجام می‌شود که در این مقاله به منظور انتقال داده‌ها به فضای با ابعاد بالاتر، از تابع هسته پایه شعاعی (RBF)^۶ استفاده شده است. در شکل ۵ یک ابر صفحه بهینه جداساز با حاشیه سخت و تفکیک خطی نشان داده شده است. ابر صفحه‌های موازی با ابر صفحه بهینه ابر صفحه‌های پشتیبان نامیده می‌شوند [۲].

گام اول در این روش انتقال داده‌ها به فضای ویژگی مورد نظر به وسیله یک تابع غیرخطی است پس از انتقال داده‌ها فضای ویژگی به صورت خطی قابل تفکیک شده و تابع تصمیم‌گیری با دقت بالا را بر اساس مینیمم سازی ریسک ساختاری می‌توان ساخت [۸].

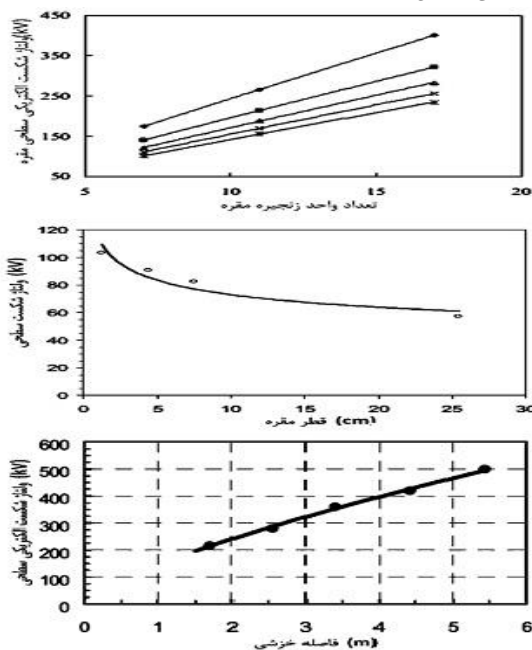
۱-۲ عوامل مؤثر بر شکست الکتریکی مقره‌ها

عوامل مؤثر بر شکست الکتریکی در مقره‌ها را به دودسته کلی می‌توان تقسیم‌بندی کرد که عبارت‌اند از:

۳- پارامترهای ثابت: شامل مشخصات فیزیکی هندسی مقره‌ها

۴- پارامترهای متغیر: شامل پارامترهای هواشناسی و ویژگی‌های محیطی منطقه.

پارامترهای ثابت شامل قطر مقره، تعداد واحد زنجیره مقره، نوع مقره، نحوه آرایش دسته مقره، جنس مقره، طول فاصله خزشی مقره که تغییر هر کدام از آن‌ها نرخ شکست الکتریکی متفاوتی را سبب می‌شوند. در شکل ۳ میزان تأثیر برخی از این پارامترها روی نرخ شکست الکتریکی نمایش داده شده است.



شکل (۳): نمودار رابطه میان برخی مقادیر پارامترهای ثابت و ولتاژ شکست مقره [۲]

پارامترهای متغیر عمدتاً شامل پارامترهای هواشناسی است که می‌توان به عواملی از قبیل فشار هوا، رطوبت، میزان بارش، وزش باد و ... اشاره نمود. آلودگی‌های محیطی ناشی از فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و ویژگی‌های اقلیمی منطقه نیز جز عواملی است که روی نرخ شکست الکتریکی تأثیری مستقیم دارند [۲]. در شکل ۴ برخی رابطه برخی از این پارامترها با شکست الکتریکی مقره نمایش داده شده است.

در الگوریتم PSO، هر ذره، نماینده یک جواب ممکن برای مسئله است که به طور تصادفی در فضای تعریف شده در مسئله حرکت می کند. ذرات در یک گروه از هم اطلاعاتی می گیرند و بر مبنای دانش به دست آمده به سمت بهترین همسایگان خود می روند. اساس کار PSO بر این استوار است که در هر لحظه هر ذره مکان خود را در فضای جستجو با توجه به بهترین مکانی که تاکنون در آن قرار گرفته و بهترین مکانی که در کل همسایگی ذره وجود دارد، تنظیم می کند. منظور از بهترین مکان ذره، کمترین مقداری است که برای تابع هزینه در حل مسئله یافت شده است [۲].

الگوریتم ازدحام ذرات با یک دسته از جواب های تصادفی شروع می شود و سپس برای یافتن جواب مسئله بهینه سازی در فضای مسئله به جستجو می پردازد. هر ذره با دو شاخص vid و xid که معرف وضعیت مکانی و سرعت مربوط به ذره i ام در راستای بعد d ام از فضای جستجو است، مشخص می شود. در هر تکرار هر ذره با دو مقدار بهینه به روز می شود. پارامتر $Pbest$ معرف بهترین جوابی است که تا تکرار کنونی برای آن ذره محاسبه شده است و پارامتر $Gbest$ که معرف بهترین جوابی است که تاکنون توسط مجموعه تمامی ذره-ها در فضای جستجو یافته شده است. سرعت و مکان هر ذره، در هر تکرار، از رابطه (۷) به دست می آید [۸].

$$V_n^i(k+1) = V_n^i(k) + C_1 r_1 P_{nbest}^i - x_n^i(k) + C_2 r_2 (G_{nbest}^i - x_n^i(k)) \quad (7)$$

$n=1,2,\dots, \text{dand } i=1,2,\dots, N_{pop}$

در رابطه ۷، C_1 و C_2 مقادیر ثابت و r_1 و r_2 مقادیر تصادفی در بازه صفر و یک است که در هر مرحله تولید می شود. معیار توقف الگوریتم، رسیدن به مقدار مطلوب اختلاف میان دو مقدار پیاپی یا تعداد تکرار معین است و آخرین مقدار یافته شده به عنوان جواب برگزیده می شود [۲].

۳- شبکه مورد مطالعه

مدیریت توزیع برق گنبد کاووس با دارا بودن ۴۲ فیدر ۲۰ کیلوولت و بیش از ۱۲۰۰ کیلومتر شبکه یکی از گسترده ترین خطوط توزیع برق استان گلستان را داراست. انواع مقره های مورد استفاده در خطوط ۲۰ کیلوولت گنبد کاووس در شکل ۶ نمایش داده شده است.

ورودی های مدل تحت معادله ۱ بیان می شود:

$$(x_1, d_1), \dots, (x_k, d_k) \in R^m \times R \quad (1)$$

با نگاشت رابطه ۱ توسط یک تابع غیر خطی RBF که (تحت رابطه ۲ بیان می شود) به فضای با ابعاد بیشتر، کار تفکیک خطی داده ها راحت تر و با دقت بالاتری انجام می گردد.

$$K(x, x_j) = \exp(-\|x-x_j\|^2/\sigma^2) \quad (2)$$

بر طبق فضای ورودی جدید، تابع هدفی تحت رابطه ۳ تعریف می شود:

$$Y(x_i) = w \cdot \square(x_i) + b \quad (3)$$

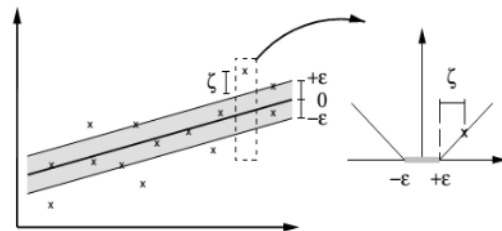
از رابطه ۳، مسئله بهینه سازی تحت رابطه ۴ بیان می شود.

$$\text{Minimize, } R = 1/2 \|w\|^2 + CR_{emp} \quad (4)$$

در رابطه ۴، C فاکتور جریمه تلفات به منظور تنظیم خطای تخمین است. برای محاسبه خطای مدل در مسئله بهینه سازی از تابع تلفات حساس به ϵ استفاده می شود که تحت رابطه ۵ نوشته می شود:

$$L(d_i, y(x_i)) = 0, \text{ اگر } \xi = e \text{ و } \xi = -e \quad (5)$$

برای بقیه حالات، نمودار تابع تلفات در شکل ۵ نمایش داده شده است.



شکل (۵): تابع تلفات حساس به ϵ مدل SVM[2]

مسئله بهینه سازی SVM در نهایت به رابطه ۶ ختم می شود:

$$\text{Minimize } 1/2 \sum (a_i \square a_i^*) (a_j \square a_j^*) K(x_i, x_j) \quad (6)$$

$$- \sum (a_i \square a_i^*) y_i + \sum (a_i \square a_i^*) \square$$

$$\text{با قیود } \sum (a_i - a_i^*) = 0, \quad \square_i, \square_i^* \in [0, C]$$

α_i^* و α_i ضرایب لاگرانژ هستند. انتخاب پارامترهای مربوط به ماشین بردار پشتیبان شامل C, ϵ و پارامترهای مربوط به تابع هسته نقش مهمی در میزان دقت پیش بینی مدل دارد. روش های مختلفی از جمله روش سعی و خطا، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم مورچگان، رقابت استعماری و ... برای یافتن این پارامترها وجود دارد. در این مقاله ضرایب موجود در روش SVM توسط الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO) محاسبه شده است.

۲-۱- الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO)

الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات، یکی از مهم ترین الگوریتم ها در حوزه هوش جمعی است. این الگوریتم توسط کندی و ابرهات در سال ۱۹۹۵ معرفی شد و با الهام از رفتار اجتماعی حیواناتی چون ماهی ها و پرندگان که در گروه های کوچک و بزرگ کنار هم زندگی می کنند، طراحی شده است [۸].

داده شده است. بر آمار مستخرج از نرم افزار GIS در شکل ۷، بیشترین تعداد جنس مقره مربوطه به مقره سرامیکی، بیشترین آرایش مربوطه به آرایش افقی و بیشترین نوع مقره مربوط به نوع سوزنی می باشد.

مقره سرامیکی پرکاربردترین و اقتصادی ترین مقره هاست که در خطوط ۲۰ کیلوولت توزیع استان گلستان مورد بهره برداری قرار گرفته است. این مقره ها دارای استقامت مکانیکی و الکتریکی مناسبی است ولی عملکرد آن ها در برابر آلودگی و در شرایط محیطی نامناسب پایین می آید و موجب بروز خطا در خطوط می شود.

مقره های سیلیکونی و شیشه ای به دلیل خاصیت آب گریزی و عملکرد مناسب در شرایط آب و هوایی نامناسب مورد استقبال قرار گرفته است اما مقره های سیلیکونی که از مواد آلی تشکیل شده است در مقایسه با مقره های شیشه ای و سرامیکی، دارای باندهای الکترواستاتیک ضعیفی می باشند که به سهولت در اثر اشعه خورشید، تخلیه سطحی و ... می شکنند و کارایی مقره را بسیار پایین می آورند.



(الف)

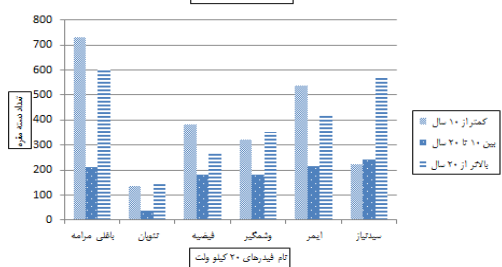
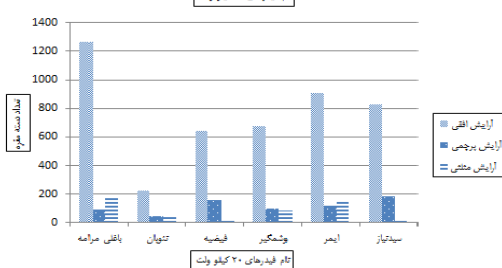
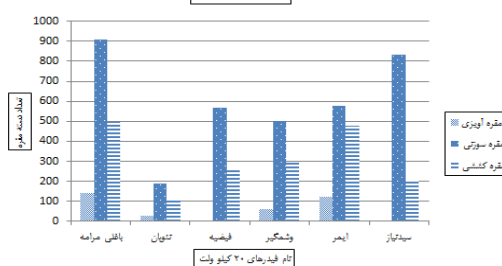
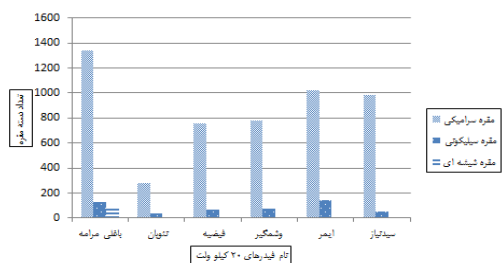


(ب)



(ج)

شکل (۶): (الف) مقره سوزنی (ب) مقره کششی (ج) مقره آویزی



همان گونه که در بخش ۱ این مقاله گفته شد، با افزایش فاصله خزشی و طول مؤثر مقره، نرخ وقوع شکست الکتریکی کاهش می یابد. در میان انواع مقره نمایش داده شده در شکل ۶، نوع مقره کششی طول خزشی بیشتری نسبت به دو نوع دیگر دارد و بعد از آن مقره آویزی بیشترین طول خزش را داراست؛ بنابراین انتظار می رود خطوطی که فراوانی بیشتری از نوع مقره کششی یا آویز است نسبت به خطوط دیگر، نرخ شکست کمتری داشته باشد. آرایش مقره نیز در سه دسته کلی قابل تقسیم است، آرایش افقی، پرچی و مثلثی.

در حال حاضر تمامی اطلاعات مربوطه به شبکه ۲۰ کیلوولت به صورت میدانی برداشت و وارد نرم افزار small world شده است. نرم افزار GIS اداره مهندسی و برنامه ریزی مدیریت برق گنبد، امکان گزارش گیری از تمامی تجهیزات روی یک فیدر ۲۰ کیلوولت را می دهد. جدول ۱، مشخصات برخی خطوط ۲۰ کیلوولت را که با گزارش گیری از نرم افزار GIS به دست آمده، ارائه می دهد.

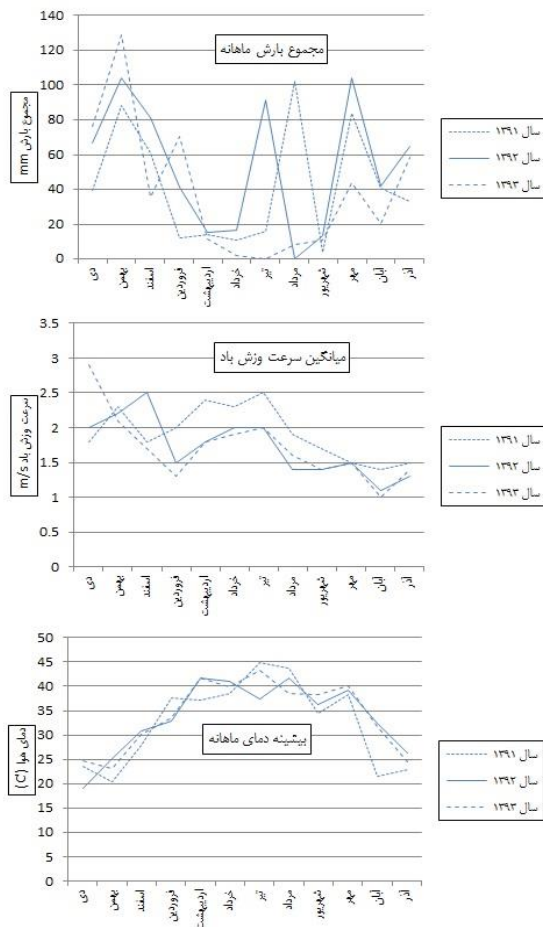
جدول (۱): مشخصات آماری تجهیزات تعدادی از خطوط ۲۰ کیلوولت شبکه برق گنبد کاووس

ردیف	نام فیدر	تعداد پایه فشار متوسط	طول شبکه (متر)	تعداد زنجیره مقره
۱	سیدنیاز	۹۱۸	۶۸۴۳۲	۱۰۳۷
۲	ایمر	۹۹۰	۷۰۱۰۰	۱۱۸۴
۳	وشمگیر	۷۳۱	۵۴۸۸۲	۸۵۹
۴	فیضیه	۶۸۲	۴۵۸۸۴	۸۲۹
۵	توپان	۳۷۱	۱۸۶۹۶	۳۳۴
۶	باغلی مرآم	۱۳۲۰	۹۱۱۴۵	۱۵۴۹

شکل (۷): نمودار فراوانی جنس مقره، آرایش مقره، نوع مقره و عمر مقره موجود در خطوط ۲۰ کیلوولت

نمودار اطلاعات توصیفی مربوطه به دسته مقره های خطوط ۲۰ کیلوولت به صورت تفکیکی در شکل ۷ آورده شده است. در این دسته بندی آمار کلی جنس مقره ها، آرایش مقره ها و تعداد زنجیره مقره

و بارش‌های جوی از بانک اطلاعات داده‌های هواشناسی سازمان هواشناسی کشور بهره برده شد. در بانک اطلاعاتی، پارامترهایی از قبیل میانگین بارش، دمای بیشینه، وزش باد و ... ارائه شده است. در شکل‌های ۹ و ۱۰، اطلاعات آماری و نیز تصاویر ماهواره‌ای پارامترهای هواشناسی نمایش داده شده است. با دریافت اطلاعات هواشناسی از بانک داده‌های مؤسسات و سازمان‌ها و همچنین پیش‌بینی وضعیت هوا در زمان‌های موردنظر، بایستی نسبت به انجام عملیات پیشگیرانه و تقویت آمادگی به‌منظور کاهش خسارات ناشی از شکست الکتریکی مقره‌ها اقدام نمود. تصاویر نقشه‌های ماهواره‌های هواشناسی بر مبنای مدل GFS، نمایش داده شده در شکل ۱۰ امکان پیش‌بینی وضعیت جوی تا ۱۶ روز بعد را می‌دهد [11].

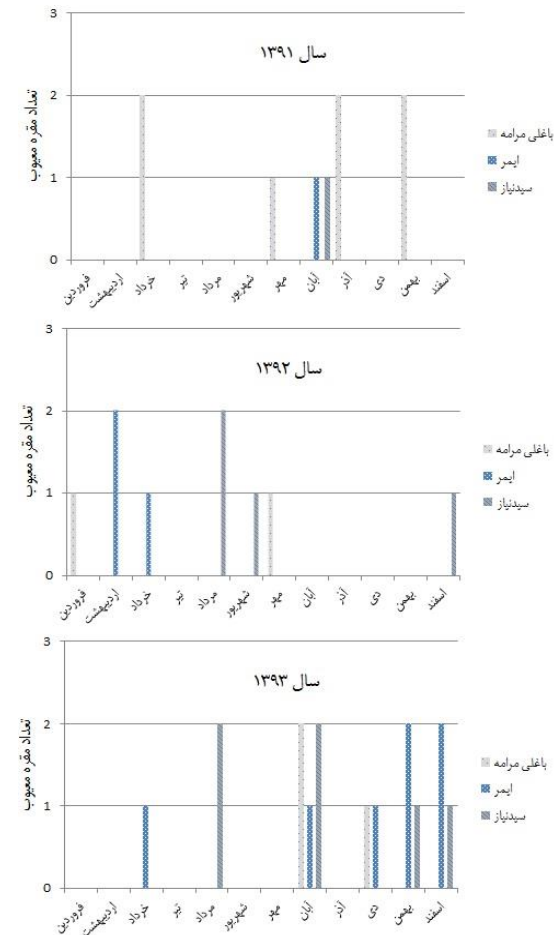


شکل (۹): اطلاعات آماری ماهانه، سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ پارامترهای جوی از بانک اطلاعاتی سازمان ملی هواشناسی

مطابق نمودارهای شکل ۷، حدود ۴۰ درصد دسته مقره‌های موجود در خطوط ۲۰ کیلومتر شهرستان گنبدکاووس دارای عمر بالاتر از ۲۰ سال هستند حدود ۲۰ درصد مقره‌ها با عمر بین ۱۰ تا ۲۰ سال، در حال بهره‌برداری در مدیریت برق گنبد هستند. با افزایش عمر عایق، خاصیت عایقی ماده نیز به دلایل گوناگون فیزیکی و شیمیایی تضعیف می‌شود. به‌عنوان مثال به ازای هر ۱۰ درجه افزایش دمای هوای، سرعت پیرشدگی مقره‌های کامپوزیتی دو برابر می‌شود [10].

۳-۱- داده‌های تجربی مربوط به خرابی مقره‌ها

آمار ثبت شده خرابی مقره بر اثر شکست الکتریکی در فیدرهای باغلی-مرامه، سیدنیاز و ایمر در شکل ۸ آورده شده است. مقادیر، به‌صورت ماهانه از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ به ثبت رسیده است.



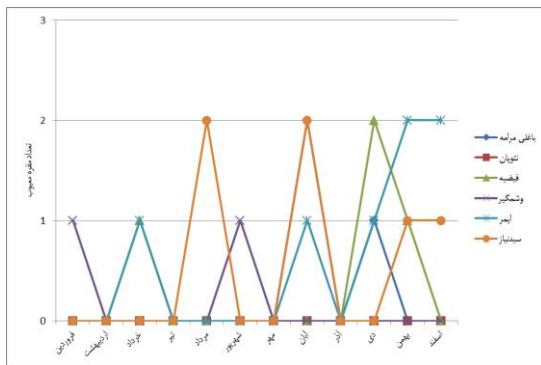
شکل (۸): آمار مقره‌های معیوب بین سال‌های ۱۳۹۱ تا ابتدای سال ۱۳۹۴

۳-۲- داده‌های هواشناسی

بعد از گردآوری اطلاعات پارامترهای ثابت مربوط به مقره‌ها از سیستم GIS، پارامترهای متغیر شامل پارامترهای هواشناسی و جوی را بایستی تهیه نمود. برای تهیه نمودارها و تصاویر ماهواره‌ای هواشناسی

جدول (۳): مقادیر خطای تخمین مدل

مدل	RMSE	R ²
SVM	0.027	0.829



شکل (۱۱): نمودار تخمین نرخ شکست بر اساس مدل SVM

با ترکیب داده‌های پیش‌بینی شده هواشناسی که در بخش قبلی توضیح داده شد، با داده‌های حاصل از GIS می‌توان نسبت به شناسایی خطوط پرخطر اقدام نمود که بر اساس مدل SVM، فیدرهای سیدنیاز، باغلی مرامه و ایمر با بیشترین نرخ خرابی، خطرپذیرترین خطوط از میان خطوط موردبخت در این مقاله است. بیش از ۴۰ درصد دسته مقررهای خطوط سیدنیاز، باغلی مرامه و ایمر دارای عمر بیش از ۲۰ سال می‌باشند و نیز نزدیک ۸۰ درصد این خطوط مقررها دارای آرایش افقی و از نوع سوزنی هستند. مقررهای سوزنی به جهت تحمل فشار و قرار داشتن در آستانه آلودگی و خوردگی و نیز به جهت طول کوتاه فاصله خزشی نسبت به مقررهای دیگر دارای نرخ شکست الکتریکی بالاتری می‌باشند لذا پرخطرترین خطوط ۲۰ کیلوولت از میان ۶ فیدر موردبخت در این مقاله شناسایی شد که بایستی تمهیداتی پیشگیرانه به‌منظور جلوگیری از خسارات اتخاذ گردد.

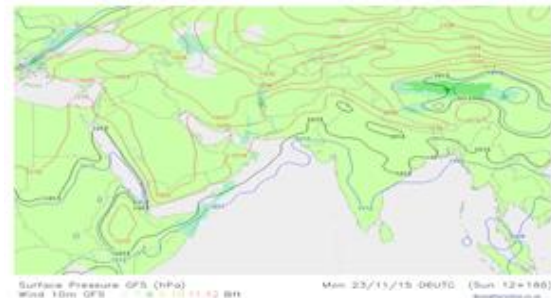
برخی اقدامات پیشگیرانه عبارت‌اند از:

- ۱- رفع آلودگی و شستشوی دوره‌ای سطح مقررها
- ۲- افزایش تعداد واحد مقرر به‌منظور افزایش طول مؤثر
- ۳- تعویض و برکناری مقررهای با عمر بالا
- ۴- اصلاح آرایش شبکه

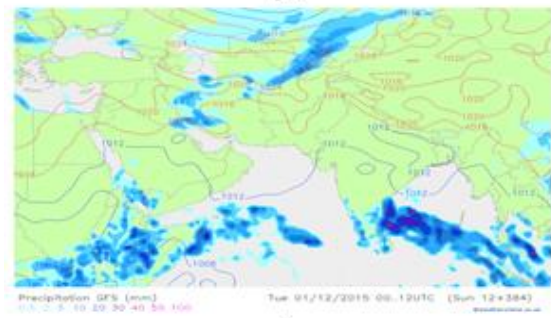
در صورتی که داده‌های موردنیاز برای پیش‌بینی بلندمدت پارامترهای هواشناسی موجود باشد، می‌توان بازه تخمین را افزایش داده و ضمن مدیریت این پدیده، فرصت کافی برای کسب آمادگی لازم و برنامه‌ریزی جهت مقابله با آن را داشت.

۴- نتیجه

در این مقاله، مدلی بر مبنای الگوریتم SVM به‌منظور تخمین نرخ شکست الکتریکی مقررهای خطوط ۲۰ کیلوولت توزیع ارائه شد. با استفاده از آمار تجربی شکست الکتریکی فیدرها و نیز داده‌های هواشناسی و مشخصات مقررها که از نرم‌افزار GIS تهیه شد و بر



(الف)



(ب)

شکل (۱۰): تصاویر ماهواره‌ای هواشناسی (الف) فشار هوا، (ب) بارش بر مبنای مدل GFS [11]

مدل GFS⁷ که توسط مرکز ملی اقیانوسی و جوی (NOAA⁸) ارائه می‌شود، مدلی جهانی و محاسباتی به‌منظور پیش‌بینی وضعیت جوی است. این مرکز با اخذ اطلاعات نزدیک‌ترین ایستگاه به هر یک از نقاط روی زمین با دو بخش پیش‌بینی یک‌هفته‌ای و ۱۶ روزه با دقت بالایی عمل می‌کند [12].

۳-۳- پیش‌بینی نرخ شکست الکتریکی

در این قسمت نرخ شکست الکتریکی خطوط ۲۰ کیلوولت بر مبنای داده‌های هواشناسی و ویژگی‌های مقررهای خطوط ارائه می‌شود. داده‌های ورودی شامل اطلاعات استخراج‌شده از نرم‌افزار GIS است که در شکل ۷ نمایش داده شد. خروجی مدل نرخ شکست است که برای ساخت مدل از داده‌های تجربی مندرج در شکل ۸ بهره گرفته شد. مقادیر مربوطه به مدل SVM در جدول ۲ نمایش داده شده است.

جدول (۲): مقادیر پارامترهای مدل

متغیر	مقدار
C ₂ و C ₁	0.1
N _{pop}	40
D	3

در جدول ۳ خطای مدل در تخمین نرخ شکست نمایش داده شده است. مدل با خطای قابل قبول توانسته نرخ شکست را تخمین بزند. شکل ۱۱ مقادیر تخمینی با بهره‌گیری از مدل SVM برای همه ۶ فیدر موردبخت در این مقاله را نشان می‌دهد.

symposium on high voltage engineering, University of Ljubljana, Slovenia, August 27-31, 2007.

- [11] <https://www.irimo.ir> سازمان هواشناسی کشور
<http://www.weatheronline.co.uk/>
 [12] L. Martin, "Global and direct normal irradiance forecast using GFS and statistical techniques", Workshop March 22nd-23rd 2011.

زیر نویس ها

- ¹Support vector machine
²Particle swarm optimization
³Geographical information system
⁴Machine learning
⁵Structural risk minimization
⁶Radial based function
⁷Global Forecast System
⁸National Oceanic and Atmospheric Administration

مبنای مدل طرح شده، میزان خطرپذیری برخی خطوط ۲۰ کیلوولت استخراج شد.

مدل پیشنهادی از دقت قابل قبولی برخوردار بوده و توانست خطوط پرخطر را شناسایی کند. با انجام برنامه ریزی به منظور اصلاح یا انجام اقدامات پیشگیرانه این خطوط می توان از کارکرد مطمئن آن در شرایط بحرانی اطمینان حاصل نموده و خسارات را کاهش داد.

در این مقاله برخی فاکتورهای مؤثر بر بروز پدیده شکست مورد بررسی قرار گرفت. به منظور جامعیت و افزایش دقت مدل می توان فاکتورهای مرتبط دیگر را نیز به مدل افزود. این بررسی در مورد سایر تجهیزات خطوط شبکه توزیع از قبیل پایه ها، شبکه، پست ها و ... نیز می تواند انجام پذیرد و موضوع پژوهش های بعدی باشد.

مراجع

- [۱] بهنیا هوشیار خواه، فرامرز سپری، "مدیریت بحران شبکه های توزیع با استفاده از سامانه های اطلاعات مکانی" شرکت توزیع نیروی برق مازندران.
- [۲] فرامرز اشجعی سنزیقی، احمد غلامی، "ارزیابی ریسک پذیری خطوط انتقال در شبکه قدرت محلی در اثر یخی زدگی مقررها"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران-تهران، مهر ۱۳۹۲.
- [3] CIGRE Task Force 33.04.09, "Influence of ice and snow on the flashover performance of outdoor insulators, part I: Effects of Ice", *Electra*, Vol. 187, pp. 91-111, 1999.
- [4] I. Fofana, M. Farzaneh, H. Hemmatjou and C. Volat, "Study of Disc harge in Air from the Tip of an Icicle", *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation* Vol. 15, No. 3; June 2008.
- [5] Xingliang Jiang, Jun Ma, Zhijing Zhang and Jianlin Hu, "Effect of Hydrophobicity Coating on Insulator Icing and DC Flashover Performance of Iced Insulators", *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation* Vol. 17, No. 2; April 2010.
- [6] Raji Sundararajan and Robert W. Nowlin, "Effect of Altitude on the Flashover Voltage of Contaminated Insulators", *IEEE Annual Report - Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena*, San Francisco, October 20-23, 1996. *Insulators*, *IEEE Annual Report - Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena*, San Francisco, October 20-23, 1996.
- [7] Yu Sun, Xiuli Wang, Zhaohong Bie and Xifan Wang, "Characteristics Analysis and Risk Modeling of Ice Flashover Fault in Power Grids", *IEEE Transaction On Power Delivery*, Vol. 27, No. 3, July 2012.
- [8] Faramarz Ashjaei sanzighi, Ahmad Gholami, Amirhosein Ahmadi, "A model for prediction of ice flashover faults in power grid with respect to meteorological parameters", 29th international power system conference (PSC), Tehran, Iran, 2014.
- [9] A. Nagaraja Sekhar, K.S. Rajan, Amit Ain, "Application of Geographical Information System and Spatial Informatics to Electric Power Systems", Fifteenth National Power Systems Conference (NPSC), Bombay, pp254-259, December 2008.
- [10] W. Bretuj, J. Flezcinsky, A. Tyman, K. Wiczorek, "Effect of scilicon rubber's profiles on their aging performance in rain conditions", *ThXV International*