

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی

روشی همزمان برای تخمین حالت و شناسایی داده‌های اشتباه در سیستم‌های قدرت

محمدرضا طولابی و قاسم کرمی

گروه تحقیقات، شرکت موج نیرو

تهران - ایران

m.toulabi@modjeni-roo.com

متغیرهای حالت شبکه با استفاده از اطلاعات موجود می‌باشد [۲]. همان‌طور که از تعریف برمی‌آید این الگوریتم شامل یک فرآیند بهینه‌سازی می‌باشد. روش‌های مختلفی تاکنون برای تخمین حالت مطرح شده است که تفاوتشان در تعیین تابع هدف و نیز ماکزیمم یا مینیمم‌سازی این تابع می‌باشد. در این راستا، روش WLS [۲]، تخمینگر با تابع هدف غیرمربعی [۳]، روش WLAV [۴-۵]، روش LTS [۶]، روش ترکیبی [۷] و روش گوس-نیوتن توزیع شده [۸] برای انجام تخمین حالت پیشنهاد شده‌اند. در تمامی روش‌های پیشنهادی هر اندازه دقت وسایل اندازه‌گیری بالاتر باشد و نیز داده‌های ناصحیح در اطلاعات ارسالی وجود نداشته باشد، تخمین حالت نتیجه بهتری تولید خواهد نمود. لیکن در عمل و به دلایل مختلف با مسئله وجود اطلاعات نامناسب مواجه خواهیم بود [۹] و مساله آسیب‌پذیری تخمین حالت نسبت به داده‌های اشتباه به شدت مورد توجه مهندسين قدرت می‌باشد [۱۰]. اطلاعات نامناسب بدون توجه به منشا شکل‌گیری‌شان، فرآیند تخمین حالت را با چالش مواجه می‌سازند و لازم است به طریقی این داده‌ها تشخیص داده شوند. غالب روش‌های تخمین حالت به آشکارسازی این اطلاعات در چندین مرحله می‌پردازند [۲]. در این مقاله روشی همزمان برای تخمین متغیرهای حالت شبکه و نیز داده‌های اشتباه معرفی شده است. این امر با معرفی تابع هدفی مناسب و بهینه‌سازی این تابع با رعایت قیود بهره‌برداری تحقق می‌یابد. نتایج بررسی بر روی شبکه تست ۵ باس، قابلیت این الگوریتم در تشخیص انواع داده‌های اشتباه را ثابت می‌کند.

چکیده — در این مقاله روشی جدید برای انجام همزمان تخمین حالت و تشخیص داده‌های نامناسب ارائه شده است. وجود اطلاعات نامناسب ممکن است به دلایل مختلفی از جمله قطع کانال ارتباطی، اشتباه تکنسین در نصب ترانسدیوسر، عدم کالیبراسیون صحیح ترانسدیوسر و ... رخ دهد. قالب روش‌های تخمین حالت یا فاقد الگوریتمی برای تشخیص اطلاعات اشتباه بوده و یا این‌که فرآیند شناسایی اطلاعات اشتباه طی چندین مرحله تحقق می‌یابد. در روش پیشنهادی نرخ عبور داده‌های صحیح به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شده و الگوریتم تخمین حالت بر خلاف اکثر روش‌های موجود، با ماکزیمم‌سازی این تابع تحقق می‌یابد. خروجی این بهینه‌سازی تخمین حالات شبکه و معرفی اطلاعات اشتباه سیستم قدرت مورد مطالعه می‌باشد. روش پیشنهادی روی یک سیستم قدرت ۵ باس اعمال شده و با روش معروف مجموع کمترین مربعات وزن‌دار مقایسه شده است. نتایج برتری روش پیشنهادی را ثابت کرده است.

واژه‌های کلیدی — تخمین حالت؛ اطلاعات اشتباه؛ سیستم قدرت؛

تابع هدف؛ مانده اندازه‌گیری.

۱. مقدمه

تخمین حالت نخستین بار توسط فردی به‌نام چالز و در سال ۱۹۷۰ میلادی مطرح گردید [۱]. تخمین حالت شامل یک فرآیند تشخیص بهینه

۲. مروری بر تشخیص داده‌های اشتباه

۲,۳. بیان یک مسئله اساسی

ایده غالب روش‌های تخمین حالت مینیمم کردن شکل خاصی از مجموع وزن‌دار مانده‌های اندازه‌گیری می‌باشد. این در حالی است که در کاربردهای عملی، ماکزیمم نرخ عبور نتایج تخمین، استاندارد است که عملاً برای ارزیابی عملکرد تخمین‌گرهای حالت، به کار برده می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بین ایده‌ی اصلی اکثر روش‌های تخمین حالت موجود و معیار ارزیابی عملی عملکرد تخمین حالت یک شکاف ماهیتی وجود دارد که تاکنون مورد توجه قرار نگرفته شده است. ایده اصلی این مقاله تکیه بر این موضوع و استفاده از آن برای شناسایی داده‌های اشتباه می‌باشد.

۳. روش پیشنهادی

در این مقاله روش جدیدی برای تخمین حالت در سیستم‌های قدرت معرفی می‌گردد که در آن تخمین حالت به صورت یک مسئله پخش بار بهینه OPF فرمول‌بندی می‌شود. تابع هدف مسئله OPF ماکزیمم کردن نرخ عبور اندازه‌گیری‌های صحیح می‌باشد. این بهینه‌سازی در عین حال معادلات پخش بار و محدودیت‌های بهره‌برداری متغیرهای حالت را نیز ارضا می‌نماید. این مسئله OPF توسط نرم افزار GAMS حل می‌گردد.

روش مدنظر منجر به بیشترین نرخ عبور داده‌های صحیح می‌گردد و در مقابل داده‌های اشتباه عملکرد مناسب‌تری از خود نشان می‌دهد. همچنین نتایج تخمینی که براساس این روش حاصل می‌شوند، به واقعیت بسیار نزدیک می‌باشند؛ چراکه معادلات پخش بار و در عین حال محدودیت‌های فیزیکی مختلف نیز در آن لحاظ شده است. به علاوه روش پیشنهادی نیازی به چک کردن وجود داده اشتباه، رویت‌پذیر بودن شبکه و نیز تخصیص فاکتورهای وزنی (به منظور کاهش اثر داده‌های بد) ندارد و که این امر موجب کاهش ذاتی نگهداری و عیب‌زدایی برنامه‌های تخمین حالتی که بر این اساس نوشته می‌شوند، خواهد شد.

۳,۱. مدل‌سازی خطا و مفهوم داده‌های صحیح

هر اندازه‌گیری در سیستم قدرت را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

$$z_i = h_i(x) + e_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (2)$$

که در آن e_i مانده اندازه‌گیری می‌باشد. در کاربردهای عملی اندازه‌گیری نام صحیح نامیده می‌شود در صورتی که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|e_i| = |z_i - h_i(x)| \leq \alpha_i \quad (3)$$

۲,۱. انواع داده‌های اشتباه

اطلاعات اشتباه به دلایل مختلفی ممکن است به وجود آمده باشند. خطاهای اندازه‌گیری را می‌توان با توجه به بزرگی و منشا شکل‌گیری به دو دسته زیر تقسیم‌بندی نمود:

- خطاهای تصادفی: این دسته از خطاها عمداً به دلیل دقت محدود وسایل اندازه‌گیری و یا نویزهای مخابراتی تولید می‌شوند. این نوع از خطاها عموماً باعث تبدیل اطلاعات به داده‌های اشتباه نمی‌گردند و هر اندازه تعداد تجهیزات اندازه‌گیری بیشتر باشد، تاثیر این خطاها در فرآیند تخمین حالت کمتر خواهد بود.
- خطاهای بزرگ: منشا این دسته از خطاها دلایلی همچون اشتباه تکنسین‌ها در سیم‌بندی ترانس‌دوسرها، قطع کانال مخابراتی، عدم کالیبراسیون صحیح تجهیزات اندازه‌گیری و ... می‌باشد و عمده دلیل تولید داده‌های اشتباه در سیستم‌های قدرت محسوب می‌شوند.

۲,۲. روش مجموع کمترین مربعات وزن‌دار

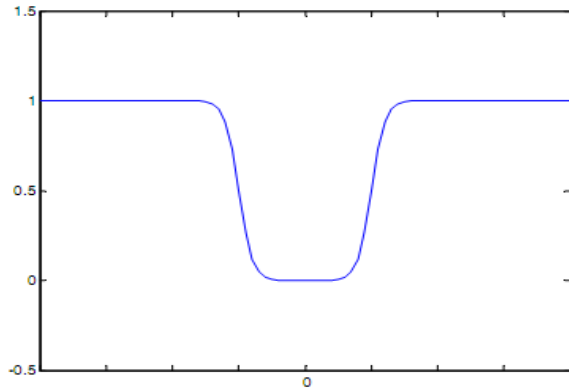
تابع هدف روش مجموع کمترین مربعات وزن‌دار یا WLS به صورت زیر می‌باشد:

$$J(x) = \sum_{i=1}^m \frac{(z_i - h_i(x))^2}{\sigma_i^2} \quad (1)$$

که در آن x بردار حالت تخمین زده شده، z_i مقدار آامین اندازه‌گیری، $h_i(x)$ مقدار تخمینی این اندازه‌گیری، σ_i^2 واریانس آامین اندازه‌گیری و m تعداد اندازه‌گیری‌ها را مشخص می‌کند. شایان ذکر است که متغیر تصادفی مانده اندازه‌گیری ($e_i = z_i - h_i(x)$) دارای توزیع نرمال می‌باشد. بنابراین می‌توان ادعا نمود که متغیر تصادفی $J(x)$ که به صورت مجموع مربعات m متغیر تصادفی با توزیع نرمال بوده، دارای توزیع χ^2 می‌باشد. استفاده از این موضوع اساس تشخیص داده‌های اشتباه در روش WLS می‌باشد [۲]. در این روش، فرآیند تشخیص خطا پس از پایان تخمین حالت تحقق می‌پذیرد. به عبارت دیگر فرآیند تشخیص داده‌های اشتباه و تخمین حالت همزمان نبوده و هر فرآیند تشخیص خطا شامل یک تخمین حالت می‌باشد.

که در آن α_i یک حد آستانه‌ای برای اندازه‌گیری α_i می‌باشد و می‌تواند براساس استانداردهای موجود در شرکت برق تعیین گردد. از آنجا که در این مقاله تمام اندازه‌گیری به صورت پریونیت بیان می‌شوند، مقدار α_i را برای تمام اندازه‌گیری‌ها ثابت و برابر ۰,۰۲ در نظر می‌گیریم.

الگوریتم روش پیشنهادی تخمین حالت به شرح زیر می‌باشد. یک بردار حالت فرضی برای سیستم قدرت در نظر گرفته می‌شود. یک اندازه‌گیری به عنوان تاییدی برای این بردار حالت محسوب می‌شود، هرگاه رابطه (۳) برقرار باشد. در غیر این صورت این اندازه‌گیری، بردار حالت مفروض سیستم را تصدیق نمی‌کند. در نهایت و در پایان فرآیند بهینه‌سازی، بردار حالتی با بیشترین تاییدیه به واسطه مقادیر اندازه‌گیری موجود، به عنوان تخمین مطلوب حالات شبکه در نظر گرفته می‌شود. بنابراین واضح است که این بردار حالت، برداری متناسب با بیشترین تعداد اندازه‌گیری صحیح می‌باشد و از ماکزیمم نرخ اندازه‌گیری‌های مناسب برخوردار است.



شکل ۱. تابع ارزیابی $f_i(e_i)$

برخلاف تابع قبلی، $f_i(e_i)$ در تمام نقاط پیوسته و مشتق پذیر می‌باشد. به علاوه ویژگی مهم تابع ارزیابی قبلی را حفظ کرده است؛ یعنی مقدار آن برای اندازه‌گیری‌های صحیح به صفر نزدیک بوده و برای اندازه‌گیری‌های اشتباه به یک نزدیک می‌باشد. بنابراین از این تابع می‌توان به عنوان تابع ارزیابی اندازه‌گیری استفاده نمود. توجه شود که انتخاب تابع ارزیابی منحصر به فرد نبوده و هر تابعی که ویژگی‌های بیان شده را داشته باشد، می‌تواند به عنوان کاندیدا برای تابع ارزیابی مقادیر اندازه‌گیری انتخاب گردد. تابع ارزیابی دیگری که بدین منظور می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد به شرح زیر می‌باشد:

(۶)

$$k_i(e_i) = \frac{\arctan(c(e_i - \alpha_i)) - \arctan(c(e_i + \alpha_i))}{2 \times \arctan(\alpha_i c)} + 1$$

نمودار این تابع به ازای $\alpha = 0.02$ و $c = 10000$ در شکل ۲ نشان داده شده است:

۳, ۲. توابع ارزیابی مقادیر اندازه‌گیری

نرخ اندازه‌گیری صحیح به صورت درصد اندازه‌گیری‌های صحیح در کل اندازه‌گیری‌های موجود تعریف می‌شود. با این تعریف، تابع هدف تخمین حالت را می‌توان به صورت یافتن بردار حالتی برای شبکه که در اثر بیشترین نرخ اندازه‌گیری صحیح حاصل می‌شود، بازفرمول‌بندی نمود. به منظور ارزیابی مقادیر اندازه‌گیری تابع زیر به صورت واضح مناسب به نظر می‌رسد:

$$g_i(e_i) = \begin{cases} 0 & |e_i| \leq \alpha_i \\ 1 & |e_i| > \alpha_i \end{cases} \quad (۴)$$

براساس رابطه (۴)، هرگاه اندازه‌گیری α_i شرط $|e_i| \leq \alpha_i$ را ارضا نماید، این داده صحیح فرض شده و مقدار تابع ارزیابی متناظر با این اندازه‌گیری صفر خواهد بود. در غیر این صورت $g_i(e_i) = 1$.

البته این تابع دارای مشکلاتی می‌باشد؛ از جمله این‌که در تمام نقاط پیوسته و مشتق پذیر نمی‌باشد. این مشکلات باعث می‌شود این تابع انتخاب مناسبی برای کاربردهای عملی نباشد. برای حل این مشکل، می‌توانیم تابع ارزیابی دیگری مانند $f_i(e_i)$ که به نوعی تقریبی از تابع ارزیابی قبلی می‌باشد، معرفی می‌کنیم:

$$f_i(e_i) = \frac{1}{1 + e^{-\frac{c(e_i - \alpha_i)}{\alpha_i}}} + \frac{1}{1 + e^{\frac{c(e_i + \alpha_i)}{\alpha_i}}} \quad (۵)$$

$$\begin{aligned} \min_x \quad & \sum_{i=1}^m f_i(z_i - h_i(x)) \\ \text{s.t.} \quad & \\ & g(x) = 0 \\ & \underline{h}_i \leq h_i(x) \leq \bar{h}_i \end{aligned} \quad (۸)$$

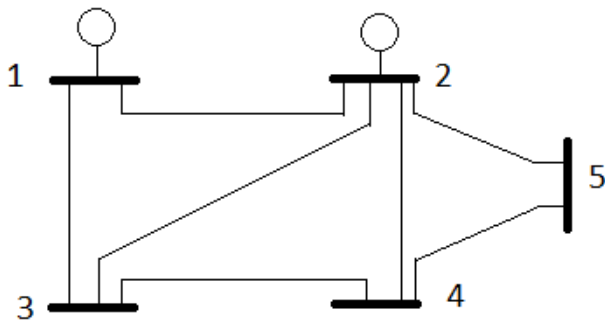
رابطه (۸) اساساً یک مسئله پخش بار بهینه یا OPF می‌باشد. در این مقاله برای حل این مسئله OPF از نرم‌افزار GAMS استفاده شده است.

۴. مطالعه موردی

به منظور بررسی کارایی روش پیشنهادی، این روش بر روی سیستم قدرت ۵ باس نمونه اعمال می‌شود و نتایج با روش شناخته شده WLS مقایسه می‌گردد. این شبکه آزمون در شکل ۳ نمایش داده شده است. برای این‌که بتوان نتایج حاصل از روش‌های مختلف را مقایسه نمود، از معیار زیر استفاده می‌شود:

$$S = \sum_i |z_i^* - z_i| \quad (۹)$$

که در آن z_i^* مقدار تخمینی اندازه‌گیری آم و z_i مقدار صحیح و دقیق این اندازه‌گیری می‌باشد.

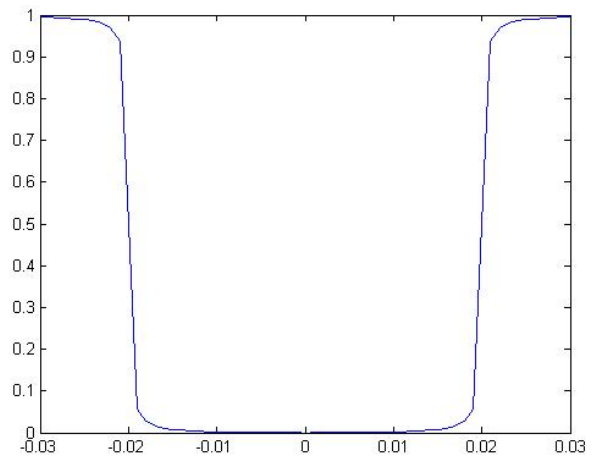


شکل ۳. سیستم قدرت ۵ باس نمونه

۴، ۱. تخمین حالت بدون وجود داده اشتباه

ابتدا نتایج تخمین حالت در شرایطی که هیچ داده اشتباهی در مجموعه اطلاعات موجود وجود ندارد، بررسی می‌شود.

شایان ذکر است در گزارش نتایج، کمیت دیگری به نام Z نیز تعریف می‌شود که تعداد داده‌های اشتباه پیش‌بینی شده را در روش پیشنهادی نشان می‌دهد. نتایج در شرایط بدون داده اشتباه در جدول ۱ ارائه شده است:



شکل ۲. تابع ارزیابی $k_i(e_i)$

۳، ۳. تابع هدف و فرمول‌بندی مسئله

با توجه به توضیحات ارائه شده در بخش‌های قبل، بین تابع هدفی متناظر با بیشترین نرخ اندازه‌گیری‌های صحیح و تابع هدفی که مقدار $\sum_{i=1}^m f_i(e_i)$ یا $\sum_{i=1}^m k_i(e_i)$ را مینیمم می‌کند، تناظر یک به یک وجود دارد. به علاوه بردار حالت صحیح سیستم قدرت بایستی معادلات پخش بار و نیز محدودیت‌های بهره‌برداری را نیز ارضا نماید. بنابراین مدل جدید تخمین حالت به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} \min_x \quad & \sum_{i=1}^m f_i(e_i) \\ \text{s.t.} \quad & \\ & z_i = h_i(x) + e_i \\ & g(x) = 0 \\ & \underline{h}_i \leq h_i(x) \leq \bar{h}_i \end{aligned} \quad (۷)$$

که در آن $g(x) = 0$ معادلات پخش بار و $\underline{h}_i \leq h_i(x) \leq \bar{h}_i$ بیانگر محدودیت‌های بهره‌برداری و فیزیکی سیستم قدرت هستند...

۳، ۴. روش حل مسئله

با جایگذاری مانده اندازه‌گیری، تابع هدف زیر برای تخمین حالت حاصل می‌شود:

دسته اول- برعکس نمودن توان عبوری P23: در این حالت نتایج در

جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. نتایج تخمین حالت متناظر با دسته اول خطاهای بزرگ

پارامتر اندازه‌گیری	مقدار واقعی	مقدار اندازه‌گیری	مقدار تخمین WLS	مقدار تخمین روش پیشنهادی (تابع هدف f)	مقدار تخمین روش پیشنهادی (تابع هدف k)
V3	0.956	0.954	0.957	0.957	0.957
V4	0.954	0.956	0.954	0.954	0.954
P1	0.844	0.847	0.847	0.852	0.850
Q1	-0.132	-0.144	-0.144	-0.137	-0.137
Pload3	0.45	0.445	0.445	0.445	0.445
Pload4	0.40	0.394	0.395	0.394	0.394
Qload3	0.22	0.217	0.213	0.214	0.212
Qload4	0.19	0.196	0.192	0.192	0.192
P23	0.282	-0.277	0.278	0.277	0.277
P24	0.308	0.308	0.303	0.303	0.303
P25	0.566	0.560	0.561	0.560	0.560
P31	-0.325	-0.323	-0.323	-0.324	-0.324
P32	-0.275	-0.279	-0.272	-0.271	-0.271
P34	0.150	0.147	0.150	0.150	0.150
P42	-0.300	-0.287	-0.296	-0.296	-0.296
P43	-0.150	-0.155	-0.149	-0.150	-0.150
Q23	0.135	0.126	0.133	0.133	0.132
Q24	0.140	0.131	0.138	0.138	0.138
Q25	0.269	0.271	0.269	0.268	0.269
Q31	-0.078	-0.070	-0.076	-0.076	-0.075
Q32	-0.155	-0.163	-0.153	-0.153	-0.153
Q34	0.012	0.017	0.016	0.015	0.016
Q42	-0.156	-0.149	-0.155	-0.156	-0.155
Q43	-0.030	-0.035	-0.034	-0.033	-0.034
Z	-	-	-	1.022	1.005
S	-	-	0.076	0.073	0.077

دسته دوم: صفر نمودن توان عبوری P24: در این حالت نتایج در جدول

۳ گزارش شده است.

جدول ۳. نتایج تخمین حالت متناظر با دسته دوم خطاهای بزرگ

پارامتر اندازه‌گیری	مقدار واقعی	مقدار اندازه‌گیری	مقدار تخمین WLS	مقدار تخمین روش پیشنهادی (تابع هدف f)	مقدار تخمین روش پیشنهادی (تابع هدف k)
V3	0.956	0.954	0.957	0.957	0.957
V4	0.954	0.956	0.954	0.954	0.954
P1	0.844	0.847	0.847	0.852	0.847
Q1	-0.132	-0.144	-0.144	-0.137	-0.136
Pload3	0.45	0.445	0.444	0.445	0.445
Pload4	0.40	0.394	0.394	0.393	0.394
Qload3	0.22	0.217	0.213	0.214	0.212
Qload4	0.19	0.196	0.192	0.192	0.191
P23	0.282	0.277	0.277	0.277	0.277
P24	0.308	0	0.303	0.303	0.303
P25	0.566	0.560	0.560	0.560	0.560
P31	-0.325	-0.323	-0.324	-0.324	-0.323
P32	-0.275	-0.279	-0.271	-0.271	-0.271
P34	0.150	0.147	0.150	0.150	0.149
P42	-0.300	-0.287	-0.296	-0.296	-0.296
P43	-0.150	-0.155	-0.150	-0.149	-0.149
Q23	0.135	0.126	0.133	0.133	0.132
Q24	0.140	0.131	0.138	0.138	0.138

جدول ۱. نتایج تخمین حالت بدون وجود داده اشتباه

پارامتر اندازه‌گیری	مقدار واقعی	مقدار اندازه‌گیری	مقدار تخمین WLS	مقدار تخمین روش پیشنهادی (تابع هدف f)	مقدار تخمین روش پیشنهادی (تابع هدف k)
V3	0.956	0.954	0.957	0.957	0.957
V4	0.954	0.956	0.954	0.954	0.954
P1	0.844	0.847	0.847	0.852	0.850
Q1	-0.132	-0.144	-0.144	-0.137	-0.137
Pload3	0.45	0.445	0.445	0.445	0.445
Pload4	0.40	0.394	0.395	0.394	0.394
Qload3	0.22	0.217	0.213	0.214	0.212
Qload4	0.19	0.196	0.192	0.192	0.192
P23	0.282	0.277	0.277	0.277	0.277
P24	0.308	0.308	0.303	0.303	0.303
P25	0.566	0.560	0.561	0.560	0.560
P31	-0.325	-0.323	-0.323	-0.324	-0.324
P32	-0.275	-0.279	-0.271	-0.271	-0.271
P34	0.150	0.147	0.150	0.150	0.150
P42	-0.300	-0.287	-0.296	-0.296	-0.296
P43	-0.150	-0.155	-0.150	-0.150	-0.150
Q23	0.135	0.126	0.133	0.133	0.132
Q24	0.140	0.131	0.138	0.138	0.138
Q25	0.269	0.271	0.269	0.268	0.269
Q31	-0.078	-0.070	-0.076	-0.076	-0.075
Q32	-0.155	-0.163	-0.153	-0.153	-0.153
Q34	0.012	0.017	0.016	0.015	0.016
Q42	-0.156	-0.149	-0.155	-0.156	-0.155
Q43	-0.030	-0.035	-0.034	-0.033	-0.034
Z	-	-	-	0.022	0.005

همان‌طور که از نتایج جدول فوق نیز برمی‌آید، در این حالت، نتایج

تخمین حالت با استفاده از روش پیشنهادی (مستقل از تابع هدف به کار گرفته شده) به مقادیر واقعی نزدیک‌تر می‌باشد. به علاوه همان‌طور که انتظار می‌رود عدم وجود داده اشتباه نیز توسط الگوریتم تشخیص داده شده است.

۴.۲. تخمین حالت در حضور داده اشتباه

در این بخش، پاسخ‌های روش پیشنهادی به سه خطای بزرگ متداول مورد مطالعه قرار می‌گیرد. این خطاها باعث تبدیل اطلاعات به داده‌های اشتباه می‌گردند و عبارتند از:

- دسته اول: برعکس نمودن علامت برخی اندازه‌گیری‌ها؛ بدین معنی که اتصالات تجهیز اندازه‌گیری وارونه بسته شده است.
 - دسته دوم: صفر نمودن برخی اندازه‌گیری‌ها؛ بدین معنی که سیستم مخابراتی با مشکل مواجه شده است.
 - دسته سوم: تغییر برخی اندازه‌گیری به میزان زیاد مثلاً ۲۰ درصد؛ بدین معنی که کالیبراسیون تجهیزات به درستی انجام نگرفته است.
- نتایج بررسی خطاهای مختلف به قرار زیر می‌باشد:

نتیجه‌گیری

در این مقاله روشی همزمان برای انجام تخمین حالت و نیز تشخیص داده‌های اشتباه در سیستم قدرت پیشنهاد شده است. اساس این روش بر ماکزیمم نمودن نرخ عبوری اندازه‌گیری‌های مناسب می‌باشد. بدین منظور تابعی به نام تابع ارزیابی برای بررسی میزان صحت مقادیر اندازه‌گیری معرفی شده است و مسئله تخمین حالت به صورت یک مسئله حل پخش بار بهینه فرمول‌بندی شده است. قیود بهره‌برداری مانند پخش بار و محدودیت‌های فیزیکی در حل این مسئله OPF در نظر گرفته شده است. روش پیشنهادی بر روی سیستم قدرت نمونه‌ای ۵ باس اعمال شده و نتایج مطلوب بودن روش پیشنهادی را نشان داده است.

منابع

- [1] F.C. Schweppe, and J. Wildes, "Power System Static-State Estimation, Part I-III," IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 89, pp. 120-135, 1970.
- [2] A.J. Wood, and F. B. Wollenberg, Power generation, operation, and control. John Wiley & Sons, 2012.
- [3] R. Baldick, K.A. Clements, Z. Pinjo-Dzagal, and P.W. Davis, "Implementing Non-Quadratic Objective Functions for State Estimation and Bad Data Rejection," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 12, pp. 376-382, 1997.
- [4] M.K. Celik and A. Abur, "A Robust WLAV State Estimator Using Transformations," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 9, pp. 106-113, 1992.
- [5] H. Singh, F.L. Alvarado, and W. Liu, "Constrained LAV State Estimation Using Penalty Functions," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 12, pp. 383-388, 1997.
- [6] L. Mili, M.G. Cheniae, and P.J. Rousseeuw, "Robust State Estimation of Electric Power Systems," IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, vol. 41, pp. 349-358, 1994.
- [7] M. Risso, A.J. Rubiales, and P.A. Lotito, "Hybrid method for power system state estimation," IET Generation, Transmission & Distribution, vol. 9, pp. 636-643, 2015.
- [8] A. Minot, Y.M. Lu, and N. Li, "A distributed Gauss-Newton method for power system state estimation," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 31, pp. 3804-3815, 2016.
- [9] A. Abur, and A.G. Exposito, Power system state estimation: theory and implementation. CRC press, 2004.
- [10] J. Liang, L. Sankar, and O. Kosut, "Vulnerability analysis and consequences of false data injection attack on power system state estimation," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 31, pp. 3864-3872, 2016.

Q25	0.269	0.271	0.269	0.268	0.269
Q31	-0.078	-0.070	-0.076	-0.076	-0.076
Q32	-0.155	-0.163	-0.153	-0.153	-0.153
Q34	0.012	0.017	0.016	0.015	0.016
Q42	-0.156	-0.149	-0.155	-0.156	-0.155
Q43	-0.030	-0.035	-0.034	-0.033	-0.034
Z	-	-	-	1.022	1.005
S	-	-	0.080	0.076	0.075

دسته سوم: کاهش ولتاژ باس سوم به ۷۵ درصد مقدار واقعی: در این حالت نتایج در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. نتایج تخمین حالت متناظر با دسته سوم خطاهای بزرگ

پارامتر اندازه‌گیری	مقدار واقعی	مقدار اندازه‌گیری	مقدار تخمین WLS	مقدار تخمین روش پیشنهادی (تابع هدف f)	مقدار تخمین روش پیشنهادی (تابع هدف k)
V3	0.956	0.715	0.957	0.957	0.957
V4	0.954	0.956	0.954	0.954	0.954
P1	0.844	0.847	0.847	0.852	0.849
Q1	-0.132	-0.144	-0.144	-0.137	-0.135
Pload3	0.45	0.445	0.445	0.445	0.451
Pload4	0.40	0.394	0.395	0.394	0.401
Qload3	0.22	0.217	0.213	0.214	0.211
Qload4	0.19	0.196	0.192	0.192	0.191
P23	0.282	0.277	0.277	0.277	0.282
P24	0.308	0.308	0.303	0.303	0.308
P25	0.566	0.560	0.561	0.560	0.565
P31	-0.325	-0.323	-0.323	-0.324	-0.326
P32	-0.275	-0.279	-0.271	-0.271	-0.276
P34	0.150	0.147	0.150	0.150	0.151
P42	-0.300	-0.287	-0.296	-0.296	-0.301
P43	-0.150	-0.155	-0.150	-0.150	-0.151
Q23	0.135	0.126	0.133	0.133	0.133
Q24	0.140	0.131	0.138	0.138	0.138
Q25	0.269	0.271	0.269	0.268	0.271
Q31	-0.078	-0.070	-0.076	-0.076	-0.076
Q32	-0.155	-0.163	-0.153	-0.153	-0.153
Q34	0.012	0.017	0.016	0.015	0.017
Q42	-0.156	-0.149	-0.155	-0.156	-0.155
Q43	-0.030	-0.035	-0.034	-0.033	-0.034
Z	-	-	-	1.022	1.008
S	-	-	0.074	0.070	0.047

از نتایج جدول‌های ۲ تا ۴ استنتاج می‌شود که روش پیشنهادی به درستی وجود داده اشتباه را پیش‌بینی می‌کند. به علاوه، مقدار کمیت K در روش پیشنهادی کمتر بوده و لذا می‌توان نتیجه گرفت که مقدار تخمینی مناسب‌تری در مقایسه با روش WLS بدست می‌دهد. در کنار همه این مزیت‌ها، ذکر این نکته ضروری می‌باشد که تمامی این پیش‌بینی درست به صورت همزمان با الگوریتم تخمین حالت (بر خلاف روش WLS) حاصل گردیده‌اند.

SID



سرویس های
ویژه



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



عضویت در
خبرنامه



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی