



## ارزیابی قابلیت اطمینان در سیستم های توزیع شده با استفاده از شبکه عصبی خود سازمانده

عارف جلیلی ایرانی  
عضو هیات علمی گروه برق  
دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل  
[Arefjalili@Gmail.Com](mailto:Arefjalili@Gmail.Com)

علیرضا محمدنیاورنج  
عضو گروه کامپیوتر  
دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل  
[Alireza.Mohammadnia@Gmail.Com](mailto:Alireza.Mohammadnia@Gmail.Com)

مسعود بکروی  
عضو بورسیه گروه کامپیوتر  
دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل  
[Masoud Bekravi@Iauardabil.Ac.Ir](mailto:Masoud_Bekravi@Iauardabil.Ac.Ir)

در روش شبکه نسبت به هر وضعیت تمامی رویه های محاسباتی تکرار می شود چرا که دیاگرام منطقی سیستم نسبت به هر وضعیت تغییر می کند در حالی که در روش شبکه های عصبی مصنوعی شبکه های مرتبط با تنظیم مجدد وزنه های شان به سادگی اصلاح می شوند. در این بخش علاقه داریم اعتبار کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی را در ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم توزیع در مقایسه با سایر کاربردها بررسی نماییم. کاربرد موفقیت آمیز شبکه های عصبی مصنوعی دارای مشخصات مشترک بشرح ذیل هستند.

- دارای حوزه کاربردی با اطلاعات متمرکز و وابسته به عکس العمل پارامتر نسبت به هم است.
- دارای عرصه وسیع برای اطلاعات قبلی و مثال هاست.
- دارای مجموعه اطلاعات مختصر و مفید برای مثال های مخصوص است.

بسیاری از انواع کاربردهایی که در راستای رویه شبکه های عصبی مصنوعی هستند اغلب درگیر طرح های آماری و شناسایی الگوهای دیگر هستند ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم توزیع مسئله ای با اطلاعات متمرکز است شدت خرابی، زمان استقرار مجدد، زمان های کلید زنی کلیدها و بریکرها، شکل سیستم و اطلاعات به عنوان ورودی لازم هستند علاوه بر این، اطلاعات قدیمی زیادی نیز موجودند بنابراین راه-حل های متداول صرفاً اتلاف وقت هستند [2].

### ۲- استفاده از ساختار شبکه عصبی مصنوعی

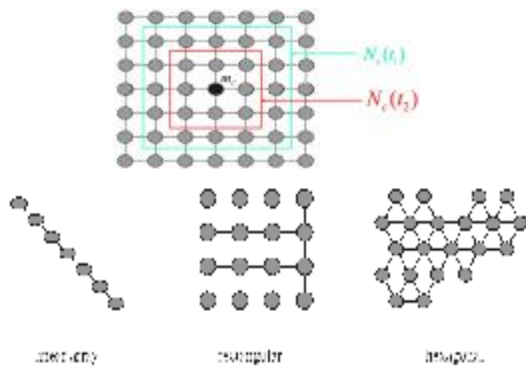
نقشه خود سازمانده یک شبکه عصبی با یادگیری بی نظارت مطلوب شکل (۱) می باشد که توسط کوهن ارائه گردیده است. [5] این شبکه بطور مؤثر، ارتباطات فضایی میان ویژگی های متنوع سیگنال های ورودی و مدل های تجریدی آنها را بدون هیچ سیگنال نظارتی می یابد، نقشه خود سازمانده می تواند برای عینیت بخشیدن به ارتباطات میان داده ها در فضاهای با ابعاد بالا مورد استفاده قرار گیرد. نقشه ایجاد شده، مناطق نزدیک به هم در فضای ورودی را به مناطقی که در فضای خروجی به هم نزدیک هستند نگاشت می کند و

**چکیده:** در این مقاله به بررسی تغییرات شاخص های قابلیت اطمینان با استفاده از تئوری شبکه عصبی پرداخته شده است. هدف این مقاله ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه توزیع شده قدرت (شبکه برق کشور) برای کاهش تعداد و زمان خاموشی و در نهایت کاهش میزان انرژی فروخته نشده می باشد. ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم توزیع این امکان را به مدیران شبکه می دهد تا با در دست داشتن شاخص های عملکرد سیستم و رفتار گذشته آن در جهت بهبود بهره برداری از شبکه تدابیر لازم را اتخاذ نمایند. مطالعه موردی این مقاله بر اساس شبکه نمونه شرکت برق منطقه ای اردبیل انجام شده است. که با استفاده از یافته های این تحقیق و تحقیقات گذشته [۱] و آمارهای راهبردی صنعت برق کشور تخمینی از شاخص های قابلیت اطمینان برای شبکه سراسری برق ایران با استفاده از شبکه عصبی کوهن بدست آمده است.

**واژه های کلیدی:** شاخص های ارزیابی، شبکه توزیع شده قدرت، شبکه عصبی خود سازمانده، قابلیت اطمینان، مدل کوهن.

### ۱- مقدمه

در این مقاله برای حل مسئله ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم های توزیع طراحی یک شبکه عصبی مصنوعی که می تواند مطابق الگوهای قبلی آموزش داده شود پیشنهاد شده است انواع زیادی از شبکه های عصبی وجود دارند اما تحقیقی که در اینجا صورت پذیرفته است در آن شبکه های عصبی سه لایه پیشرو با روش آموزش بازگشتی استفاده شده است شبکه های عصبی مصنوعی توسعه یافته برای ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم توزیع مفید تشخیص داده شده است [2], [1]. سه حالت متفاوت در شبکه توزیع اردبیل مورد مطالعه قرار گرفته است نتایج حاصل از روش شبکه های عصبی مصنوعی توسعه یافته در مقایسه با نتایج به دست آمده از روش شبکه رضایت بخش است شبکه عصبی توسعه یافته با آموزش بجا نتایج سریع، دقیق و انحراف بسیار جزئی به دست می دهد همچنین شبکه های عصبی مصنوعی در محاسبه قابلیت اطمینان سیستم توزیع نسبت به روش شبکه موقعی که یک یا چند کلید در اثر خطا یا بار زیاد باز می شوند دارای مزیتی برتر است [4], [3]



شکل (۳): همسایگی مستطیلی متغیر با زمان

برآورد در سه حالت زیر صورت می گیرد:

حالت اول: پیش بینی شاخص‌های قابلیت اطمینان در سال ۱۳۸۶ با اعمال شبکه‌های عصبی مصنوعی با استفاده از اطلاعات سیستم از سال ۱۳۸۰ لغایت ۱۳۸۶

حالت دوم: ارزیابی شاخص‌های قابلیت اطمینان وقتی که بار فیدر زیاد شده است و قسمتی از بار آن روی فیدر سوچ شده است.  
حالت سوم: ارزیابی شاخص‌های قابلیت اطمینان وقتی که خطایی در فیدر اتفاق افتاده است. اطلاعات فیدرهای از طریق لایه ورودی وارد شبکه می‌گردند لایه خروجی مقادیر را برای همه سیستم و برای هر فیدر مشخص می‌کند.

### ۳- شاخص‌های سیستم

#### ۳-۱- شاخص متوسط قطع برق سیستم (SAIFI):

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\text{تعداد کل خاموشی‌های مشترکین}}{\text{تعداد کل مشترکین}} \quad (2)$$

نرخ خرابی و  $N_i$  تعداد مشترکین وصل شده به نقطه بار  $i$  می‌باشد. این شاخص نشان می‌دهد که به طور متوسط هر مشترک در دوره زمانی مورد نظر چند بار قطع شده است و بر حسب (Int/cust.) بیان می‌گردد.

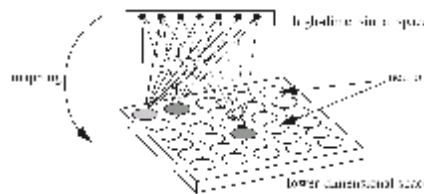
#### ۳-۲- شاخص دوره زمانی متوسط قطع برق

##### سیستم (SAIDI):

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n U_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\text{مجموع دوره‌های زمانی قطع برق مشترکین}}{\text{تعداد کل مشترکین}} \quad (3)$$

$N_i$  تعداد مشترکین نقطه بار  $i$  و  $U_i$  نیز مدت زمان خروج آن می‌باشد. این شاخص بر حسب (hour/cust.) مطرح می‌شود و بیانگر زمان متوسط قطع برق هر مشترک در دوره زمانی مورد مطالعه است.

در شکل (۲) و (۳) ملاحظه می‌گردد، شبکه SOM از نورون‌های تشکیل می‌شود که به یکدیگر متصل هستند. اتصال‌های داخلی میان نورون‌ها با توجه به توپولوژی شبکه تعریف می‌شوند.



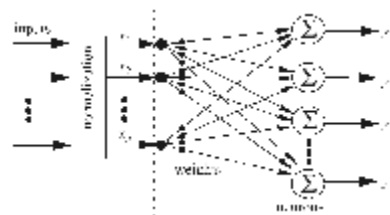
شکل (۱): نقشه خود سازمانده یک شبکه عصبی با یادگیری بی نظارت نقشه خود سازمانده تنها از یک لایه واقعی از نورون‌ها تشکیل شده است. این ساختار معیار شباهت ضرب داخلی (dot-product) را پیاده سازی می‌نماید.

در حقیقت، این شبکه کسینوس زاویه میان ورودی نرمال شده و بردارهای وزن را اندازه گیری می‌کند. خروجی هر نورون می‌تواند با توجه به رابطه زیر محاسبه شود.

$$y_i = \sum_{j=1}^n m_{ij} x_j \quad (1)$$

الگوریتم ساختار یادگیری بی نظارت

۱. تعیین توپولوژی نقشه و تعداد نورون‌ها
۲. مقداردهی اولیه وزن‌ها با مقادیر تصادفی کوچک
۳. انتخاب نمونه آموزشی نرمال شده  $x$  بعدی
۴. انتخاب بهترین نورون  $mc$ ، که نزدیکترین وزن به بردار ورودی  $x(t)$  را با توجه به رابطه (۱) دارد.
۵. به روزرآوردن  $mc(t)$  و نورون‌های دیگر که با توجه به توپولوژی انتخاب شده، به همسایگی  $mc(t)$  تعلق دارند بطوری که به سمت  $x(t)$  حرکت کنند.
۶. توقف، اگر به تعداد مطلوبی الگوریتم تکرار شده و در غیر اینصورت به قدم ۳ برو.



شکل (۲): همسایگی در نقشه خودسازمانده

یک مقدار عددی قابل تنظیم می‌باشد که معمولاً مقدار با گذشت زمان کاهش می‌یابد. علاوه بر این، مجموعه همسایگی  $mc(t)$  اطراف سلول با بهترین هماهنگی  $mc(t)$  باید در شروع حدود نیمی از تمام سلول‌ها را در برگیرد و با گذشت زمان کاهش پیدا می‌کند.

ظرفیت کلی ۳۹۰ مگا ولت آمپر می‌باشد. در استان اردبیل دو ایستگاه نیروگاه دیزلی ( دارای ۸ واحد به قدرت ۴۴ مگاوات ) و یک ایستگاه نیروگاه آبی ( دارای ۲ واحد به قدرت اسمی ۱۳ مگاوات ) فعال می‌باشند که فقط در روز چند ساعت و در زمان اوج مصرف وارد مدار می‌شوند. تعداد فیدهای ۲۳۰ کیلو ولت ۷ فیدر به طول ۷۱۲ کیلومتر و تعداد فیدهای ۶۳ کیلو ولت ۱۹ فیدر به طول ۵۵۰ کیلومتر است. شرکت توزیع نیروی برق استان اردبیل دارای ۶۰۴۲ کیلومتر شبکه فشار متوسط و ۴۷۵۸ کیلومتر شبکه فشار ضعیف بوده و تعداد ۳۸۵۷ دستگاه ترانسفورماتور ۲۰ کیلو ولت به ظرفیت ۵۸۵ مگا ولت آمپر مورد بهره برداری قرار می‌گیرد. تعداد کل مشترکین ۳۰۸۳۲۸ مشترک می‌باشد. تعداد روستاهای برق‌دار استان ۱۳۴۹ روستا بوده و حداکثر بار همزمان در سطح استان ۲۴۴ مگاوات و غیرهمزمان ۲۷۳ مگاوات می‌باشد.

یکی از پارامترهای مهم جهت شناخت یک سیستم قدرت مطالعه قابلیت اطمینان آن سیستم می‌باشد. جهت تفکیک سطوح مختلف ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت با توجه به ارتباط هر کدام از بخش‌های تولید، انتقال و توزیع سیستم قدرت به سه سطح تقسیم بندی می‌گردد. سطح اول شامل تجهیزات و امکانات تولید، سطح دوم شامل تجهیزات تولید و انتقال و سطح سوم شامل کلیه تجهیزات سیستم قدرت مشتمل بر سیستم‌های تولید، انتقال و توزیع است. از آنجا که میزان دسترس پذیری به سیستم توزیع (به علت ساختار شعاعی آن) در مقایسه با سیستم‌های تولید و انتقال بسیار کمتر است. این مسأله لزوم پرداختن به ارزیابی و بهبود قابلیت اطمینان در این بخش از سیستم قدرت را یادآور می‌شود.

ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم توزیع به شکل کمی آن سابقه‌ای طولانی نداشته و به حدود سه دهه اخیر برمی‌گردد. تعیین استاندارد شاخص‌های قابلیت اطمینان توسط کمیته انتقال و توزیع انجمن مهندسی قدرت IEEE در قالب استاندارد 1366 در سال 1998 علاوه بر اینکه مطالعه قابلیت اطمینان را در یک گستره معین برای تمام شرکت‌ها در سراسر جهان معرفی نموده، باعث مقایسه شبکه‌های مختلف از این دیدگاه نیز گردیده است.

تاکنون مطالعات انجام شده در زمینه قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع در دوره‌های زمانی یکساله صورت گرفته است. در این مطالعه به ارزیابی قابلیت اطمینان در دوره‌های زمانی ماهیانه برای شبکه برق منطقه‌ای اردبیل پرداخته شده است. این مطالعه تعیین می‌کند که در چه ماه‌هایی از سال قابلیت اطمینان در سطوح پائین‌تری قرار دارد و بدین ترتیب برنامه‌ریزی بهبود قابلیت اطمینان شبکه در دوره‌های زمانی کوتاه‌تر میسر می‌گردد.

ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم توزیع توسط شاخص‌های مربوطه که استاندارد IEEE آنها را معرفی نموده انجام می‌شود.

### ۳-۳- شاخص دوره زمانی متوسط قطع برق مشترکین (CAIDI):

$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m T_{ij}}{\sum_{i=1}^n N_{ij}} \quad (4)$$

مجموع در زمان قطع برق مشترکین / تعداد مشترکین

در این شاخص متوسط زمان خاموشی هر مشترک به ازای هر بار قطع برق مد نظر قرار گرفته و بر حسب (hour/Intr.cust) بیان می‌گردد.

### ۳-۴- شاخص متوسط دسترسی به انرژی برق (ASAI):

$$ASAI = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m T_{ij}}{\sum_{i=1}^n N_{ij}} \quad (5)$$

مجموع ساعات دسترسی مشترکین به برق / مجموع ساعات دسترسی مشترکین

این شاخص میزان دسترسی مشترکین به انرژی برق را به صورت درصد ساعات برق‌دار بودن مشترکین نسبت به کل ساعات دوره زمانی مورد مطالعه بیان می‌کند.

### ۳-۵- شاخص متوسط عدم دسترسی به انرژی برق (ASUI):

$$ASUI = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m T_{ij}}{\sum_{i=1}^n N_{ij}} \quad (6)$$

مجموع ساعات عدم دسترسی مشترکین به برق / مجموع ساعات دسترسی مشترکین

شاخص ASUI میزان عدم دسترسی مشترکین به انرژی برق را به صورت درصد ساعات خاموشی مشترکین نسبت به کل ساعات سال بیان می‌کند.

### ۳-۶- شاخص کل انرژی تأمین نشده (ENS):

$$ENS = \sum_{i=1}^n Li(a) \cdot T_i \quad (7)$$

کل انرژی تأمین نشده توسط سیستم

مقدار  $Li(a)$  بار متوسط نقطه بار (پست توزیع) نام است. شاخص ENS میزان کیلووات ساعت (kWh) انرژی فروخته نشده به مشترکین را به دست می‌دهد.

### ۳-۷- شاخص متوسط انرژی تأمین نشده (AENS):

شاخص AENS مقدار متوسط انرژی فروخته نشده به هر مشترک را بر حسب (kwh) بیان می‌کند [6].

$$AENS = \frac{\sum_{i=1}^n Li(a) \cdot T_i}{\sum_{i=1}^n N_{ij}} \quad (8)$$

انرژی فروخته نشده به ازای هر یک از مشترکین

### ۴- شبکه توزیع مورد مطالعه

استان اردبیل دارای سه ایستگاه پست ۲۳۰/۶۳ کیلو ولت به ظرفیت کلی ۴۱۰ مگا ولت آمپر و سیزده ایستگاه پست ۶۳/۲۰ کیلو ولت به

## ۵- نتیجه گیری

بر اساس این مطالعه، مدیران و کارشناسان شبکه‌های توزیع می‌توانند با ارزیابی قابلیت اطمینان با استفاده از شبکه عصبی خود سازمانده و تعمیم آن به کل شبکه با برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت نظیر افزایش ظرفیت نقاط مانور، افزایش و مکان‌یابی بهینه نقاط مانور و ادوات کلیدزنی و تجهیز اکیپ رفع عیب شبکه و اتوماسیون شبکه توزیع و ... علاوه بر کاهش زیان ناشی از عدم فروش انرژی، باعث افزایش میزان رضایت‌مندی مشترکین از شرکت‌های توزیع گردند. شاخص‌های بدست آمده با این روش برای شبکه استان اردبیل و کشور ایران در جداول (۱) و (۲) و نمودارهای شکل (۴) آمده است و پیش‌بینی شبکه عصبی برای سال ۱۳۸۶ نیز برآورد شده است که قابل مقایسه با شاخص‌های موجود در جدول (۳) با کشورهای مختلف می‌باشد.

جدول (۱): متوسط شاخص‌های ماهیانه شبکه استان اردبیل

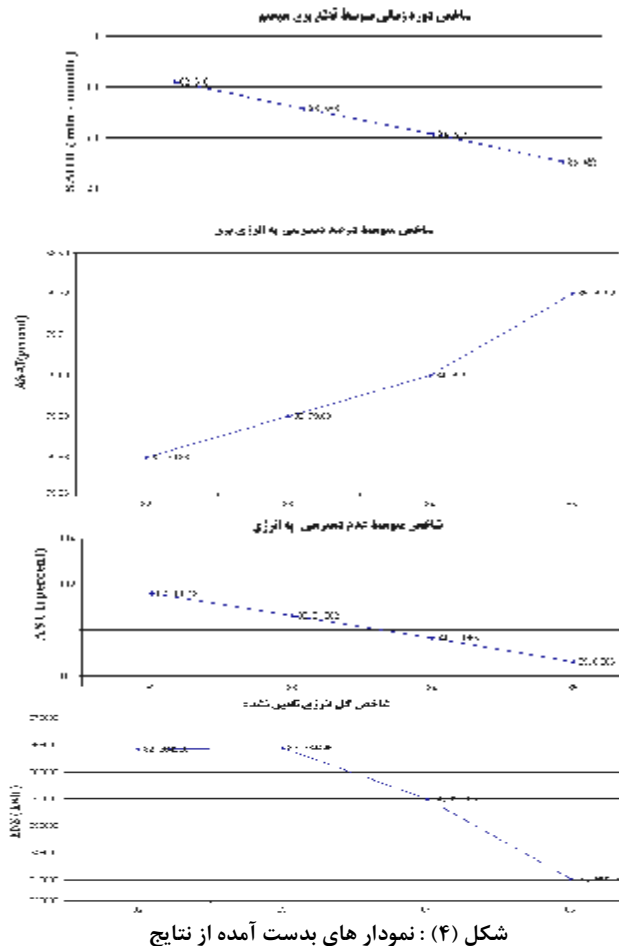
SAIFI (f/k m. onth )	0.196511
CAIDI(min / f)	100.6235
SAIDI (min/month)	20.65702
ASUI(percent)	0.003965
ASAI(percent)	107.496
AENS ( kwh )	0.024277
ENS ( kwh )	107.5896

جدول (۲): شاخص‌های کشور ایران

سال/شاخص	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶
SAIDI	610	558	507	453	441
ASAI	99.88	99.89	99.9	99.92	99.93
ASUI	0.1159	0.1062	0.0965	0.0861	0.0842
ENS	364200	364446	355005	340129	337.12
AENS	0.0202	0.0193	0.018	0.0166	0.0156

جدول (۳): مقایسه چهار شاخص اصلی در کشورهای مختلف [2,6,7]

	USA	Singapore	France	Nigeria (NEPA)	Nigeria (MAN Study)
CAIDI	Zero Hrs	NA	Zero Hrs	9 hours	15 hours
SAIFI	1.5 times Per year	NA	NA	5 times Per Year	Not < 600 Times/year
SAIDI	88 min	~1.5 min	52 min	900 min	Not < 60,000 min
ASAI	1	1	1	NA	Not > 0.4



## مراجع

- [1] م. بکروی، اخیرخواهی، ارزیابی قابلیت اطمینان در سیستم‌های قدرت با استفاده از شبکه عصبی، اولین همایش منطقه ای مرزهای دانش در مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر مجلسی، ص ۱۶۰-۱۶۷، ۱۳۸۵.
- [2] T.Short, E.Peac, *Reliability Indices*, Indianapolis, In, 2002.
- [3] S.Rama, K.Yeddanapudi, *Fundamentals Of Distribution Reliability Analysis*, seminar presentation 2005.
- [4] IEEE Std 859-1987, *IEEE Standard Terms for Reporting and Analyzing Outage Occurrences and Outage States of Electrical Transmission Facilities*, IEEE Std 1366-1998.
- [5] T.Jain, L.Srivastava, S.N.Singh and I. Erlich, *New Parallel Radial Basis Function Neural Network for Voltage Security Analysis*, 2005.
- [6] T.Kohonen, *Self-Organizing Maps*, Springer-Verlag, Berlin, 1995.
- [7] T.Jain, L.Srivastava, S.N.Singh, *Fast Voltage Contingency Screening using Radial Basis Function Neural Network*, IEEE Trans on Power Systems, Vol. 18, No. 4, pp. 1359-1366, November 2003.
- [8] J.A.Bednar, *Genetic and Environmental Influences on Visual Development*, Ph.D. Thesis, Department of Computer Sciences, The University of Texas at Austin, 2002.