

## پیش بینی بلند مدت تقاضای انرژی الکتریکی در منطقه آذربایجان با استفاده از شبکه عصبی

محرم خانکشی زاده

شرکت مهندسی مشاور نیروی آذربایجان (منا)

تبریز - ایران

واژه های کلیدی: پیش بینی، تقاضای انرژی، تراز انرژی، شبکه های عصبی

### چکیده

پیش بینی تقاضای انرژی الکتریکی یکی از مولفه های اساسی سیستم مدیریت انرژی میباشد. در این مقاله، با توجه به اهمیت موضوع، از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه با حلقه های برگشتی موسوم به شبکه RMLP برای پیش بینی بلند مدت تقاضای انرژی در منطقه آذربایجان استفاده شده است. برای آموزش شبکه علاوه بر متغیرهای توصیفی تاثیر گذار بر سیستم مصرف انرژی الکتریکی، مولفه هائی از تراز انرژی منطقه نیز مورد استفاده قرار گرفته است. پریرود مبناء پیش بینی و پریرود پیش بینی بترتیب سالهای ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰ انتخاب گردیده و در آخر نتایج حاصل با نتایج بدست آمده از یک روش معمول ریاضی و تقاضای واقعی انرژی الکتریکی در منطقه مقایسه شده است.

### مقدمه

مصرف کل انرژی در منطقه آذربایجان (شرقی، غربی و اردبیل) در طی دوره زمانی ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۰ از ۳۰ میلیون بشکه

معادل فت خام در سال به ۵۹ میلیون بشکه رسیده است که آهنگ رشد متوسط ۵/۳ درصد را نشان میدهد و تخمین زده میشود که میزان مصرف انرژی در این منطقه با آهنگ رشد متوسط ۳/۱۶ درصد در سال ۱۳۹۰ به حدود ۸۱ میلیون بشکه معادل نفت خام برسد، سرانه مصرف انرژی نیز در این مدت از ۴/۶ بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۶۷ به ۸ بشکه در سال ۱۳۸۰ رسیده است که با ادامه این روند پیش بینی میشود این رقم در سال ۱۳۹۰ به ۱۰/۹ بشکه برسد.

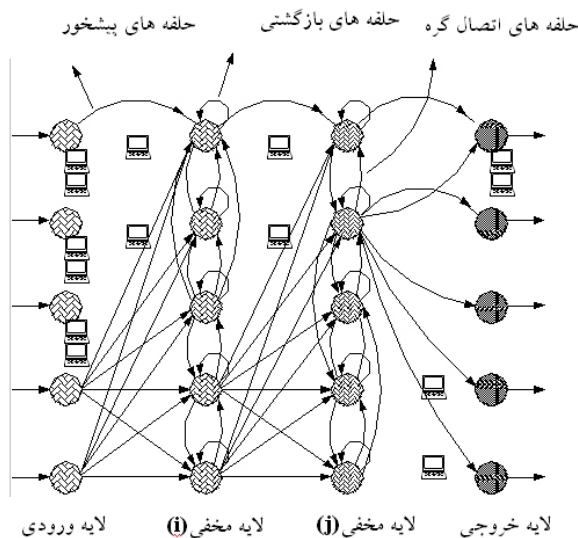
با توجه به آمارهای فوق الذکر و رشد شتاب آلود مصرف انرژی در منطقه و نظر به نقش فزاینده انرژی در حیات بخشهای مختلف جامعه، میتوان به اهمیت مدیریت انرژی با هدف بهینه سازی پروسه تولید، توزیع و مصرف پی برد. سهم مصرف انرژی الکتریکی نیز بعنوان یکی از حاملهای اساسی انرژی و با توجه به خصوصیت های بارز آن، از سبد مصرف انرژی منطقه در حال افزایش است، بعنوان نمونه سهم انرژی الکتریکی از مصرف نهائی انرژی در منطقه آذربایجان از ۴/۲۹ درصد در سال ۱۳۶۷ به ۵/۹۵ درصد در سال ۱۳۸۰ رسیده

لایه های متعدد و حلقه های برگشتی میباشد که اصطلاحاً (Recurrent Multilayer RMLP Preceptron) نامیده میشود. در ادامه، ابتدا خلاصه ای از ساختار و روابط حاکم بر آموزش شبکه عصبی RMLP تشریح شده و سپس با انتخاب سالهای ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰ بعنوان پریود مبناء پیش بینی و پریود پیش بینی، انرژی الکتریکی مورد نیاز منطقه در این پریودها پیش بینی شده است و نتایج حاصل با نتایج بدست آمده از یک روش معمول ریاضی با عنوان مدل کشش ثابت (Constant Elasticity) که مبتنی بر رگرسیون غیرخطی چند متغیره است و همچنین تقاضای واقعی سالهای ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۲ منطقه مقایسه و نتایج نهائی ارائه گردیده است، برای بالا بردن دقت پیش بینی علاوه بر پارامترهای اقتصادی منطقه، مولفه هائی از تراز انرژی نیز بعنوان ورودی سیستمهای پیش بینی در نظر گرفته شده است.

## ۲- مدل شبکه عصبی RMLP

همانطوریکه در مقدمه عنوان کردیم در این مقاله برای پیش بینی بلند مدت تقاضای انرژی الکتریکی در منطقه آذربایجان، از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، با حلقه های برگشتی موسوم به RMLP استفاده شده است که بسیار مناسب برای شناسائی سیستمهای دینامیکی غیرخطی میباشد [۱-۵].

جزئیات ساختار این شبکه در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱): ساختار کلی شبکه عصبی RMLP

است که با ادامه این روند پیش بینی میشود این رقم در پایان سال ۱۳۹۰ به ۷/۵ درصد برسد. بنابراین با فرض افزایش تدریجی سهم انرژی الکتریکی از مصرف نهایی انرژی در منطقه و خصوصیات خاص این نوع انرژی از قبیل عدم قابلیت ذخیره سازی در حد وسیع و زمانبر بودن بازده سرمایه در این بخش، اهمیت مدیریت صحیح انرژی را در این بخش بیش از پیش نمایان میکند و با این توصیف اگر موارد ذیل را در تولید و مصرف این نوع انرژی در نظر بگیریم در آینده با خسارتهای جبران ناپذیری مواجه خواهیم شد.

- ۱- برنامه ریزی جامع و دراز مدت و مدیریت مناسب بر تولید، توزیع و مصرف انرژی الکتریکی
- ۲- ایجاد فرهنگ عمومی صحیح در مصرف منطقی انرژی الکتریکی و ایجاد استانداردهای مصرف
- ۳- ایجاد ضوابط و مقررات مربوط به رعایت استانداردهای مصرف

## ۴- مدیریت علمی بار

از موارد فوق برنامه ریزی دراز مدت و جامع تولید انرژی الکتریکی از اهمیت خاصی برخوردار است، یک مدیریت صحیح انرژی الکتریکی موقعی امکان پذیر خواهد بود که مدیران ارشد صنعت برق منطقه، یک پیش بینی منطقی و نزدیک به واقعیت و مبتنی بر تئوریها و روشهای دقیق علمی از روند آتی تقاضای انرژی الکتریکی را داشته باشند.

در مراجع مختلف با توجه به اهمیت، پریود، دقت و شکل پیش بینی، از روشها و الگوریتمهای متعددی برای پیش بینی دراز مدت تقاضای انرژی الکتریکی استفاده شده است که عمدتاً مبتنی بر رگرسیون خطی و غیر خطی تک متغیره یا چند متغیره روی متغیرهای توصیفی تاثیر گذار بر روند تقاضای انرژی الکتریکی استوار میباشند، این روشها با توجه به ماهیت غیر خطی سیستم مصرف انرژی الکتریکی و با در نظر گرفتن مولفه های ورودی متعدد برای این سیستم، جوابهای خیلی دقیقی را نمیتوانند ارائه دهند [۳] [۴] [۱۲].

در این مقاله، از یک روش مبتنی بر مدل و شناسایی سیستم با استفاده از شبکه های عصبی، برای پیش بینی بلند مدت تقاضای انرژی الکتریکی در منطقه آذربایجان استفاده شده است. شبکه عصبی مورد استفاده یک شبکه پرسپترون با

$$E(k) \equiv \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N(L)} \left( \hat{y}_i(k) - y_i(k) \right)^2 \quad (3)$$

در رابطه فوق  $k$  زمان و  $y_i(k)$  مقدار واقعی خروجی در پیروی پیش بینی لایه  $i$  ام یا بردار هدف میباشد. بر اساس الگوریتم آموزشی BP گرادیان تصحیح وزنه‌های پیشخور از رابطه ذیل بدست می آید.

$$\begin{aligned} \Delta w_{[\ell-1,j][\ell,i]}(m+1) &= -\eta \sum_{k=k'(m-1)+1}^{k'm} \left( \frac{\partial E(k)}{\partial w_{[\ell-1,j][\ell,i]}} \right) + \alpha \Delta w_{[\ell-1,j][\ell,i]}(m) \\ &= -\eta \sum_{k=k'(m-1)+1}^{k'm} \left( \frac{\partial E(k)}{\partial x_{[\ell,i]}} \right) \left( \frac{\partial x_{[\ell,i]}(k)}{\partial w_{[\ell-1,j][\ell,i]}} \right) + \alpha \Delta w_{[\ell-1,j][\ell,i]}(m) \end{aligned} \quad (4)$$

در رابطه فوق  $m$  شاخص تصحیح وزن ها و  $1 \leq K' \leq NP$  با  $\text{mod}(NP, K) = 0$  و  $\eta$  نرخ یادگیری و  $\alpha$  ضریب ممنتم برای کاهش نوسانات میباشد. مشابه رابطه فوق را میتوان برای تصحیح وزن های پسخور، حلقه های برگشتی و حلقه های اتصال گره ها در لایه های مخفی استفاده نمود [۷] [۹]. در همه موارد فوق تابع خطا با فرض  $K' = NP$ ,  $\alpha = 0$  از رابطه ذیل بدست می آید [۴].

$$E_{\text{new}} - E_{\text{old}} \approx -\eta \left\| \frac{\partial E}{\partial W} \right\|^2 \quad (5)$$

و همچنین گرادیان خروجی گره ها در روابط (۱) و (۲) از رابطه ذیل قابل محاسبه میباشد [۳] [۴].

$$\begin{aligned} \frac{\partial x_{[\ell,i]}(k)}{\partial w_{[\ell-1,j][\ell,i]}} &= f'_{[\ell]}(z_{[\ell,i]}(k)) x_{[\ell-1,j]}(k) \\ &= f'_{[\ell]}(z_{[\ell,i]}(k)) f_{[\ell-1]}(z_{[\ell-1,j]}(k)) \end{aligned} \quad (6)$$

همانطوریکه از شکل (۱) مشاهده میشود این شبکه دارای حلقه های پیش خور در لایه های همسایه و حلقه های اتصال گره ها در لایه های مخفی با حلقه های برگشتی میباشد [۳]. [۴].

### ۳- خلاصه معادلات حاکم بر ساختار و آموزش شبکه RMLP

با توجه به ساختار نشان داده شده در شکل (۱) و با فرض اینکه شبکه عصبی RMLP مورد استفاده دارای  $L$  لایه و  $N(\ell)$  گره در هر لایه باشد آنگاه به ازای  $\ell = 1, 2, \dots, L$ ، پاسخ گره  $i$  ام در لایه  $\ell$  ام را میتوان بصورت زیر نوشت [۳]. [۴] [۶].

$$\begin{aligned} z_{[\ell,i]}(k) &= \sum_{j=1}^{N(\ell-1)} w_{[\ell-1,j][\ell,i]} x_{[\ell-1,j]}(k-1) + \sum_{j=1}^{N(\ell-1)} w_{[\ell-1,j][\ell,i]} x_{[\ell-1,j]}(k) + b_{[\ell,i]} \end{aligned} \quad (1)$$

$$x_{[\ell,i]}(k) = f_{[\ell]}(z_{[\ell,i]}(k)) \quad (2)$$

در روابط فوق کمیت های  $x_{[\ell,i]}(k)$ ،  $z_{[\ell,i]}(k)$ ،  $b_{[\ell,i]}$  بترتیب پارامترهای خروجی، حالت و با یاس گره  $i$  ام از لایه  $\ell$  ام میباشد و همچنین  $w_{[\ell-1,i][\ell,j]}$  و  $w_{[\ell,i][\ell,j]}$  بترتیب وزن های پیشخور و پسخور شبکه و  $f_{\ell}(\cdot)$  تابع محرک میباشد.

ورودیهای لایه اول همان ورودیهای شبکه بوده که با نماد  $x_{[0]} = u$  و خروجی شبکه همان خروجیهای لایه آخر میباشد که با نماد  $x_{[L]} = \hat{y}$  نشان میدهم و تابع محرک را هم خطی در نظر میگیریم [۳] [۴].

برای آموزش شبکه عصبی از الگوریتم BP (Backpropagation) و برای تنظیم پارامترهای شبکه از معیار متوسط مربع خطا (MSE) استفاده شده است [۶] [۷]. [۸] [۹]: بر این اساس طبق رابطه (۳) پارامترهای  $w_{[\ell-1,i][\ell,j]}$ ،  $w_{[\ell,i][\ell,j]}$  و همچنین  $b_{[\ell,i]}$  برای کلیه  $\ell$  و  $i$  ها طوری تنظیم میشود که  $E(k)$  مینیمم گردد.

مشابه رابطه فوق را میتوان برای حلقه های برگشتی شبکه نیز نوشت.

گرادیان خطا در رابطه (۴) بر اساس یک پروسه بازگشتی (Recursive) برای لایه خروجی و لایه های مخفی بترتیب از روابط ذیل بدست می آید [۳] [۴].

$$\frac{\partial E(k)}{\partial x_{[L,i]}} = \hat{y}_i(k) - y_i(k) \quad (7)$$

$$\frac{\partial E(k)}{\partial x_{[\ell-1,j]}} = \sum_{i=1}^{N(\ell)} \left( \frac{\partial E(k)}{\partial x_{[\ell,i]}} \right) \left( \frac{\partial x_{[\ell,i]}(k)}{\partial x_{[\ell-1,j]}} \right)$$

$$= \sum_{i=1}^{N(\ell)} w_{[\ell-1,j][\ell,i]}(k) F'_{[\ell]}(z_{[\ell,i]}(k)) \left( \frac{\partial E(k)}{\partial x_{[\ell,i]}} \right) \quad (8)$$

رابطه (۸) نشان میدهد که گرادیان خطا در هر لایه مخفی از گرادیان خطای لایه های بعدی بدست می آید که همان مفهوم عمومی الگوریتم آموزشی BP میباشد. بطور کلی میتوان الگوریتم آموزشی فوق را در پنج پله به شرح ذیل خلاصه کرد [۳] [۴] [۵].

پله اول: محاسبه خروجی  $\hat{y}_i(k)$  با استفاده از روابط (۱) و (۲) برای تمام واحدهای  $i=1,2,\dots,N(L)$  و سپس با مقایسه این خروجی با بردارهای هدف  $y_i(k)$ ، گرادیان خطای لایه خروجی از رابطه (۷) محاسبه میشود.

پله دوم: با استفاده از الگوریتم BP و با استفاده از گرادیان خطای لایه خروجی، گرادیان خطای لایه های مخفی از رابطه (۸) محاسبه میشود.

پله سوم: با استفاده از گرادیان خطای محاسبه شده تصحیحات لازم در وزن های شبکه طبق رابطه (۴) انجام میشود.

پله چهارم: پله های ۱ تا ۳ تا اتمام تمام پروسه آموزشی حلقه داخلی تکرار میشود.

پله پنجم: پله های ۱ تا ۴ تا رسیدن به یک همگرایی مناسب بر اساس فرمول (۳) تکرار میشود.

#### ۴- مدل ریاضی

روشهای معمولی پیش بینی تقاضای انرژی الکتریکی با استفاده از مدل‌های ریاضی، همانا استفاده از رگرسیون تک متغیره و یا چند متغیره مدل های خاص ریاضی، نظیر مدل خطی، درجه دوم، لگاریتمی و یا ترکیبی از آنها شبیه مدل هویگن (Hougen)، روی روند رشد تاریخی بار یا متغیرهای توصیفی مرتبط با مصرف انرژی الکتریکی میباشد [۱۰] [۱۱] [۱۲].

در این مقاله از یک مدل غیر خطی لگاریتمی موسوم به مدل کشش ثابت (Constant Elasticity) استفاده شده است که فرم کلی آن بصورت رابطه (۹) میباشد [۳] [۱۰] [۱۱].

$$kwh = A_0(X)^{\beta_1} \cdot (Y)^{\beta_2} \cdot (Z)^{\beta_3} \quad (9)$$

در رابطه فوق  $Z, Y, X$  بردارهای مربوط به متغیرهای توصیفی مدل بوده که تعداد این متغیرها میتواند در پیش بینی تعرفه ای مختلف انرژی الکتریکی متفاوت باشد و  $A_0, \beta_3, \beta_2, \beta_1$  ضرایب ثابت مدل میباشد که از رگرسیون بدست می آیند.

به ضرایب  $\beta_3, \beta_2, \beta_1$  اصطلاحاً ضرایب کشش ثابت متغیرهای توصیفی اطلاق میگردد، در این مدل فرض بر این است که این ضرایب در پرپود مبناء پیش بینی و پرپود پیش بینی ثابت هستند و یا به عبارتی کشش مصرف انرژی الکتریکی از طرف مشتریان در طول پرپود مبناء پیش بینی و پرپود پیش بینی با تغییر متغیرهای توصیفی مدل مصرف ثابت میمانند. استفاده از این مدل با فرض فوق الذکر و در نظر گرفتن اینکه مولفه هائی از تراز انرژی بعنوان متغیر توصیفی مدل در نظر گرفته شده است مدل را دقیق تر و به واقعیت نزدیک میکند [۳] [۱۱].

مدل ریاضی فوق یک مدل غیر خطی است که رگرسیون آن را مشکل میکند بنابراین با یک تبدیل ریاضی (لگاریتم طبیعی) این مدل را تبدیل به خطی میکنیم.

شبکه RMLP مورد استفاده دارای یک لایه ورودی با ۶ گره و لایه خروجی با یک گره و همچنین یک لایه مخفی میباشد. تعداد تکرار حلقه اصلی شبکه ۱۷۰۰۰ و نرخ یادگیری 0.05 و ضریب ممتهم صفر در نظر گرفته شده است. کلیه مراحل فوق شامل انجام آنالیز حساسیت، آموزش شبکه عصبی، بدست آوردن ضرائب مدل ریاضی و متغیرهای توصیفی در پرئود پیش بینی در داخل محیط نرم افزار MATLAB 6.3 و Borland C++ انجام شده است. نتایج حاصل از شبیه سازی در جدول شماره (۱) ارائه گردیده است.

### ۶. نتیجه گیری

در این مقاله تقاضای بلند مدت انرژی الکتریکی در منطقه آذربایجان با استفاده از شبکه عصبی RMLP و مدل ریاضی موسوم به کشش ثابت پیش بینی شد، با توجه به تحلیل های انجام شده و نتایج بدست آمده (جدول ۱) میتوان نتیجه گیری کلی را بصورت زیر بیان نمود.

- ۱- هر دو روش با روند مناسبی همگرا میشوند.
- ۲- دقت پیش بینی شبکه عصبی بسیار مناسب تر از روش ریاضی میباشد بطوریکه مجموع مربعات درصد خطای شبکه عصبی در طول پرئود مبناء ۸/۸۵ و روش ریاضی ۱۷۵/۴۲ میباشد.
- ۳- هر چقدر متغیرهای توصیفی سیستم مصرف انرژی الکتریکی بیشتر میشود شبکه عصبی در مقایسه با روش ریاضی کارائی بیشتری از خود نشان میدهد.

$$\ln(\text{kwh}) = \ln(A_0) + \beta_1 \cdot \ln(X) + \beta_2 \cdot \ln(Y) + \beta_3 \ln(Z)$$

حال با خطی شدن مدل میتوان از روش ها و معادلات حاکم بر رگرسیون های خطی ضرائب  $\beta_3, \beta_2, \beta_1, A_0$  را محاسبه نمود [۱۱] [۱۲].

### ۵- پیش بینی تقاضای بلند مدت انرژی الکتریکی در منطقه آذربایجان

در این تحقیق، ابتدا یک سری متغیرهای عمومی تاثیر گذار بر روند مصرف انرژی الکتریکی در نظر گرفته شده و پس از انجام آنالیز حساسیت سیستم مصرف به متغیرهای ورودی فرضی، و تحلیل میزان همبستگی آنها، متغیرهای توصیفی ذیل بعنوان متغیرهای مهم تاثیر گذار بر روند تقاضای انرژی الکتریکی انتخاب، و از این متغیرها برای آموزش شبکه و بدست آوردن ضرائب چند جمله ای مدل ریاضی در پرئود مبناء پیش بینی (۱۳۶۹ تا ۱۳۸۰) استفاده شده است [۱۰] [۱۱].

۱- GDP کل منطقه

۲- رشد و میزان سرمایه گذاری در بخشهای مختلف

۳- جمعیت

۴- مولفه هائی از تراز انرژی منطقه (قیمت انرژی - سرانه مصرف انرژی و میزان مصرف گاز طبیعی)

در ادامه متغیرهای توصیفی فوق الذکر در پرئود مبناء پیش بینی از منابع مختلف جمع آوری و برای پرئود پیش بینی در صورت وجود اطلاعات برنامه ریزی شده از آنها استفاده شده و در غیر اینصورت از روشهای رگرسیون خطی تخمین زده شده است [۱۸-۱۳]، سپس با توجه به متغیرهای توصیفی در پرئود مبناء پیش بینی و بردار هدف (تقاضای انرژی واقعی بین سالهای ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۰) شبکه عصبی RMLP آموزش داده شده و همچنین ضرائب چند جمله ای مدل ریاضی بدست آمده است، و با توجه به روند رشد متغیرهای توصیفی در پرئود پیش بینی، میزان تقاضای انرژی الکتریکی در این پرئود از دو روش فوق الذکر پیش بینی شده است و باهم مقایسه گردیده است.

- [3] Alexander.G.Parlos,Alton.D.Patton, "Long-term Electric Load Forecasting Using a Dynamic Neural Network Architecture", IEEE/NTUA,Athens Power Tech Conference , 1993.
- [4] Alexander. G .Parlos , Esmaeil .Oufi, Gayakumar Muthusami , Alton D.Patton, "Development of on Intelligent Long-term Electric Load Forecasting system",IEEE Transaction of Energy Conversion , Vol.3 ,No.3 , September 1997.
- [5] "Near and long Term Load Prediction Using Radial Basis Function Networks", Presented at the Workshop on Environmental and Energy Applications of Neural Networks. Pacific Northwest Laboratory March 1995.
- [6] Alex D.Papalexopuls , Shangyouha, Tie – Mao Peng,"An Implementation of a Neural Network Based Load Forecasting Model for The EMS", IEEE Transactions On Power System , Vol.9 , No.4 November 1994.
- [7] D.Srinirasan , A.C.Liew , J.S.P.Chen,"A Novel Approach to Electrical Load Forecasting Based on a Neural Network", Interational Joint Conference on Neural Network, PP.1172-1177,1991.
- [8] Parrk.D.C , M.A..EL-harkawi,"Electric Load Forecasting Using on Artificial Neural Network", IEEE Transactions on Power System, Vol.6, No.2,PP.442-449.1991.
- [9] D.D.Highleg, T.J.Hilmes, "Load Forecasting by ANN",IEEE Computer Application in Power,Vol.2,No.3,PP.10-15 (July 1993 ).
- [10] M.f.Hancock , Jr.MS, "Principle of Electricity Demand Forecasting(Part 1,2,3) Power Engineering Journal Jane 1996".
- [11] Battes.D, And D. Watts," NonLinear Regression Analysis And Its Applications", John Wiley and Sons, 1988.

جدول (۱) : نتایج پیش‌بینی بلند مدت تقاضای انرژی الکتریکی در منطقه آذربایجان با استفاده از شبکه عصبی و روش ریاضی

سال	تقاضای واقعی (MWh)	تقاضای پیش‌بینی شده (MWh)		درصد خطا (%)
		شبکه عصبی	روش ریاضی	
۱۳۶۹	۲۹۳۹	۲۹۵۶	۲۶۹۴	+۸/۳
۱۳۷۰	۳۱۵۳	۳۱۱۷	۳۲۲۰	-۲/۱
۱۳۷۱	۳۲۸۲	۳۳۱۹	۳۴۹۴	-۶/۴
۱۳۷۲	۳۶۶۰	۳۶۶۹	۳۸۱۹	-۴/۳
۱۳۷۳	۴۰۰۷	۳۹۴۵	۳۹۸۳	+۰/۵
۱۳۷۴	۴۱۴۹	۴۱۵۲	۴۲۸۰	-۳/۱
۱۳۷۵	۴۴۴۸	۴۴۴۷	۴۶۲۴	-۳/۹
۱۳۷۶	۴۷۴۴	۴۷۳۰	۴۷۷۲	-۰/۵
۱۳۷۷	۴۹۰۹	۴۹۸۳	۵۰۰۷	-۲
۱۳۷۸	۵۲۰۴	۵۲۰۵	۵۱۹۴	+۰/۲
۱۳۷۹	۵۵۵۹	۵۵۲۹	۵۷۲۱	-۲/۹
۱۳۸۰	۵۹۵۹	۵۹۵۷	۶۱۰۶	-۲/۳
۱۳۸۱	۶۳۸۵	۶۳۲۹	۶۳۴۶	-۰/۶
۱۳۸۲	۶۷۹۴	۶۷۴۷	۶۶۹۰	+۱/۵
۱۳۸۳	-	۷۰۱۳	۷۰۳۷	-
۱۳۸۴	-	۷۳۹۱	۷۳۹۲	-
۱۳۸۵	-	۷۷۷۷	۷۷۶۲	-
۱۳۸۶	-	۸۱۷۵	۸۱۳۱	-
۱۳۸۷	-	۸۵۸۶	۸۵۱۷	-
۱۳۸۸	-	۹۰۰۵	۸۹۰۷	-
۱۳۸۹	-	۹۴۳۵	۹۳۰۹	-
۱۳۹۰	-	۹۸۷۹	۹۷۱۷	-

#### ۷- مراجع

- [1] K.S.Narendra, Parthasrathy.k, "Indentification and Control of Dynamical System Using Neural network", IEEE Transaction on Neural Networks, Vol.1 , No.1 Mar 1990.
- [2] H.Bacha,W.Meyer, "A Neural Network Architecture for Load Forecasting", International Joint Conference on Neural Networks ,Baltimore , M.D , USA , PP .442-447(1992).

- [۱۲] محرم خانکشی زاده-سینا کوشان، "پیش‌بینی بار نواحی توزیع شبکه برق آذربایجان تا سال ۱۳۸۵" چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی برق (PSC-97) آبان ۱۳۷۸.
- [۱۳] بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، "ترازنامه بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران سالهای مختلف".
- [۱۴] بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، "مجله بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران سالهای مختلف".
- [۱۵] سازمان آمار ایران، "آمار نامه های استان آذربایجانشرقی - غربی و اردبیل بین سالهای ۱۳۶۷ الی ۱۳۸۱".
- [۱۶] وزارت نیرو - معاونت انرژی - دفتر برنامه ریزی انرژی، "تراز نامه انرژی استان آذربایجانشرقی - غربی و اردبیل در سالهای ۱۳۷۴ و ۱۳۷۵".
- [۱۷] (وزارت نیرو - امور انرژی - دفتر برنامه ریزی انرژی)، "تراز انرژی ایران بین سالهای ۱۳۷۱ الی ۱۳۸۱".
- [۱۸] شرکت برق منطقه ای آذربایجان - معاونت برنامه ریزی و مطالعات اقتصادی، "کارنامه صنعت برق آذربایجان بین سالهای ۱۳۶۹ الی ۱۳۸۰".