

پیش بینی بلند مدت بار با استفاده از الگوریتم ژنتیک و اعمال تکنیک حداقل مربعات خطا: مطالعات موردی

امیر علی صیادی^۱، محمود زاده باقری^۲، رحیم ایلدرآبادی^۳
دانشجوی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج، amirali@yahoo.com
عضو هیئت علمی گروه برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج ، mzadehbagheri@gmail.com
عضو هیئت علمی گروه برق دانشگاه حکیم سبزواری سبزوار ، r.ildar@hsu.ac.ir

چکیده - در مقاله حاضر هدف پیش بینی بار پیک سالانه می‌باشد که به سه روش الگوریتم ژنتیک، روش حداقل مربعات و روش فیلتر حداقل قدرمطلق تخمین زده و با هم مقایسه شده است. همچنین نتایج حاصل با روش های الگوریتم پرندگان و الگوریتم بهینه سازی تراکم ذرات مقایسه شده و دیده میشود با تعداد تکرار های بسیار کمتر به نتایجی به مراتب با خطای کمتر حصول شده است.

کلید واژه- تخمین بلند مدت بار، الگوریتم ژنتیک، حداقل مربعات خطا، فیلتر حداقل قدرمطلق، LAV.

میکنیم. در ادامه انواع روش های تخمین را مرور خواهیم کرد. روش های کلاسیک متعددی پیشنهاد شده اند و در پیش بینی بار طولانی مدت، بکار گرفته شده اند تا پارامتر های مدل را تخمین بزنند. از جمله ی این روش ها می‌توان به روش های تخمین وضعیت استاتیک و دینامیک اشاره نمود [۱-۴]. روش های مبتنی بر هوش مصنوعی، از قبیل شبکه های عصبی مصنوعی و سیستم های متخصص نیز ارائه شده اند و نتایج امید بخشی را حاصل شده اند [۵،۶]. در حالی که روش LS که مهمترین شیوه ی تخمین استاتیکی است و برای مدت مدیدی به عنوان روش مطلوب در تخمین بهینه استفاده می‌شد، دارای محدودیت ها و معایبی نیز می‌باشد. بطور مثال، در موردی که مجموعه ی داده ها حاوی اندازه گیری های نامناسبی است، تخمین ها ممکن است دقیق نباشند، مگر اینکه تعداد زیادی از داده ها مورد استفاده قرار بگیرند. روش قدرتمند دیگری که برای تخمین وضعیت استفاده می‌شود، روش دینامیکی است. الگوریتم فیلترینگ حداقل مقدار مطلق و فیلترینگ Kalman ، مثال هایی از روش های دینامیکی می‌باشند. بر خلاف روش های استاتیکی که تمام مجموعه ی داده ها برای دستیابی به پاسخ بهینه استفاده می‌شود، فیلتر های دینامیکی، الگوریتم های بازگشتی هستند. در فیلتر های بازگشتی، تخمین ها با استفاده از هر مقدار اندازه گیری شده ی جدید، به روز رسانی می‌شود. فیلتر های دینامیکی برای پردازش دیجیتال

۱- مقدمه

یکی از مهمترین کارایی های موجود در صنعت برق پیش بینی بار مورد نیاز در تمام زمان ها می‌باشد. نتایج حاصل از پیش بینی بار در موارد گوناگونی چون برنامه ریزی و بهره برداری کاربرد دارد. در حال حاضر با وجود گسترش تولیدات پراکنده نیاز به برنامه ریزی های دقیق برای جایابی و میزان توان نامی خروجی این تولیدات روز افزون شده است. برای مثال پیش بینی بلند مدت بار، مقدار بار یک تا ده سال به صورت سالانه و ماهانه برای برنامه ریزی های توسعه، تنظیم تعرفه قیمت گذاری بلند مدت و بررسی های بازگشت سرمایه بلند مدت اعمال می‌شود. در عین حال نتایج پیش بینی کوتاه مدت بار، مقدار بار یک روز تا یک ماه به صورت ساعتی و روزانه برای تعهد های شرکت های برق منطقه ای، برنامه مشارکت واحد ها و بازار برق روزانه و ساعتی دارای اهمیت بالایی می‌باشد. به این ترتیب با نیاز به روش های دقیق تر و سریع تر برای رسیدن به تخمین با خطای کمتر روبرو هستیم. در ابتدا مدل الگوی رشد بار توصیف میشود و سپس با استفاده از آن پارامتر های مدل برآورد میشوند و از این پارامتر ها برای پیش بینی بار آینده استفاده میکنیم و در نهایت خطا های بدست آمده از پیش بینی را ارزیابی

هستند. منحنی‌های بازگشتی استفاده شده در پیش بینی بار سیستم توان، عبارتند از: خطی، چند جمله‌ای، نمایی و توان. ترم خطی، هم برای میانمایی ارتباط خط راست بین دو متغیر و هم برای مدلی که پارامترهایش بصورت خطی است، استفاده می‌گردد. بطور کلی، یک مدل بازگشتی چند متغیره، می‌تواند به $n+1$ متغیر مستقل (مانع شونده) مرتبط گردد و بصورت زیر نوشته شود:

$$P(t) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i t^i + r(t) \quad (1)$$

در این عبارت، $P(t)$ بیانگر بار حداکثر در زمان t است، a_0 و a_i ضرایب بازگشتی مرتبط با بار $P(t)$ در زمان t می‌باشند. $r(t)$ باقی مانده در سال t است. هرچند، رابطه‌ی بین P و t ممکن است برای $i=2, 3, \dots$ تغییر خطی باشد، اما این مدل همچنان خطی در نظر گرفته می‌شود، زیرا t و t^2 را می‌توان بصورت مدل‌های بازگشتی غیرخطی می‌شود. مدل‌های بازگشتی غیر خطی برحسب پارامترها، غیر خطی نیستند و نمی‌توانن با هیچ تبدیلی ساخته شوند. برای هر سال، برنامه ریزان نسل، از روش‌های بازگشتی به عنوان کمکی در پیش بینی تقاضای سالیانه حداکثر سیستم استفاده می‌گردند. می‌دانیم که تقاضای سالیانه حداکثر، متأثر از شرایط آب و هوایی، تعداد و نوع مصرف کنندگان و شرایط اقتصادی عمومی می‌باشند. البته، رابطه‌ی ساده که در آن، تقاضا بطور نمایی با زمان تغییر می‌کند، یافته شده است که پیش بینی دقیقی برای تقاضای حداکثر سیستم دارد. پیش بینی‌ها بطور متناوب، از رابطه‌ی ساده‌ی زیر بدست می‌آیند:

$$P(t) = e^{a+bt} \quad (2)$$

به سادگی می‌توان با لگاریتم گرفتن از دو طرف، این رابطه را به فرم خطی تبدیل نمود. به منظور شناسایی دقیق‌ترین مدل برای پیش بینی، از میان مدل‌های بازگشتی غیرخطی و خطی، انواع مختلف نمودارها بایستی بررسی گردند. یک بررسی تصویری از یک نمودار مشاهده‌ی داده شده نسبت به زمان، می‌تواند هم

آنلاین، که داده‌ها بصورت بازگشتی پردازش می‌شوند، مناسب می‌باشند. این روش‌ها، بطور گسترده در مسائل تخمین در سیستم‌های دینامیکی استفاده می‌گردند [۳]. فیلترهای دینامیکی دارای مزایای در ارتباط با اندازه‌گیری‌های متغیر با زمان می‌باشند. الگوریتم‌های ژنتیک اخیراً به عنوان الگوریتم‌های تحقیقی انفرادی قدرتمند، برای مسائل گوناگون، مورد توجه قرار گرفته‌اند. این دسته از روش‌ها، مبتنی بر مکانیزم انتخاب طبیعی و ژنتیک‌های طبیعی می‌باشند که مفهوم بقاء مناسب‌ترین، تحقیق رندوم و ساخته شده و ارزیابی موازی نقاط در فضای تحقیق را ترکیب می‌نماید. الگوریتم ژنتیک بطور موفقیت آمیزی در نواحی مختلف بکار گرفته شده‌اند، از جمله مسائل جریان بار، شناسایی خطا، آنالیز پایداری، گسیل اقتصادی، کنترل سیستم توان [۷-۱۰]. این مقاله مقایسه‌ای از کارایی سه روش تخمین بهینه را برای پیش بینی بار حداکثر بلند مدت در سیستم‌های توان الکتریکی ارائه می‌دهد. مدل‌های مختلف پیش بینی مد نظر قرار گرفته‌اند. ارائه‌ی فضای وضعیت برای هر مدل، داده شده است. سپس سه الگوریتم LS، LAVF، GA و برای تخمین پارامترهای ضرایب هر مدل استفاده شده‌اند که از داده‌های ثبت شده‌ی حقیقی، برای شبکه‌ی یکپارچه‌ی مصری استفاده نموده است. پیش بینی نتایج جیز بدست آمده و ارزیابی گشته‌اند.

۲- فرمول بندی ریاضی

مدل‌های بار بیان شده‌اند تا بطور ریاضی رابطه‌ی بین بار و متغیرهای تاثیر گذار، از جمله زمان، آب و هوا و غیره را بیان نمایند. ضرایب مدل فرمول بندی شده، شناسایی و برای پیش بینی بارهای آتی، به کمک مقایسه‌ی این رابطه، با زمان بار مطلوب، مورد استفاده قرار گرفته است. دقت نهایی فرایند پیش بینی، بستگی به مدل انتخاب شده و دقت پارامترهای اندازه‌گیری شده دارد. بازبینی‌کننده‌های مدل‌های پیش‌بینی بار پی برده‌اند که اکثر روش‌های مورد استفاده‌ی این روزها را می‌توان به سه بخش برگشت چندگانه، هموار سازی نمایی عمومی و روش‌های استاتیکی تقسیم بندی نمود [۲]. آنالیز بازگشتی یا آنالیز روند، مطالعه‌ی رفتار یک مجموعه‌ی زمانی یا فرایندی در گذشته و مدل ریاضی اش، است که در نتیجه‌ی آن، رفتار آتی را می‌توان از آن بدست آورد. یک رویداد متغیر با زمان، مانند بار سیستم توان را می‌توان به چهار جزء تقسیم نمود، روند‌های اصلی، متغیرهای فصلی، متغیرهای دوره‌ای و متغیرهای اتفاقی. سه نوع آخر متغیرها، دارای یک میانگین صفر طولانی مدت

بهترین مدل رشد بار برای این گونه داده ها، مدل بازگشتی خطی چندگانه است که به کمک معادله ی ۱ و با استفاده از $I=1, 2, 3$ بدست می‌آید. بنابراین، در این مقاله سه مدل در نظر گرفته می‌شود، $i=1, 2, 3$. با دادن بار حداکثر (p) در هر سال T، یک معادله ی مشابه معادله ی ۱ را می‌توان برای هر بار نوشت. اگر مجموعه ی داده ها شامل m سال و بار حداکثر مرتبط با آنها باشد، m معادله ی n مجهولی خواهیم داشت. این سیستم معادلات یک سیستم over determined است ($m>n$). بنابراین، برای m سال، یک سیستم مجزا از معادلات در فرم فضای حالت را می‌توان بصورت زیر نوشت:

(۴)

$$Z(t) = H(t)X + r(t)$$

در این عبارت:

Z(t) بردار تقاضای بار است،

X بردار پارامتر تخمین زده شده است،

r(t) بردار خطای مرتبط با P(T) می‌باشد،

H(t) یک بردار سطری است که P(T) را به X مرتبط می‌نماید.

در این پژوهش، سه مدل استفاده می‌گردد:

مدل اول:

$$H(t) = [1 \ T], \ T=1,2,..,m \text{ and } X = [A \ B]^T$$

مدل دوم:

$$H(t) = [1 \ T \ T^2], \ T=1,2,..,m \text{ and } X = [C \ D \ E]^T$$

مدل سوم:

$$H(t) = [1 \ T \ T^2 \ T^3], \ T=1,2,..,m \text{ and } X = [F \ G \ I \ J]^T$$

اکنون، مشکل اصلی یافتن تخمینی برای بردار پارامتر X برای هر

مدل است که بردار خطای r(t) را حداقل نماید

۳- الگوریتم ژنتیک (GA)

پیش الگوریتم های ژنتیک یک روش بهینه سازی عددی می‌باشند. بطور واضح تر، فرایند های جستجوی پارامترها هستند که مرتبط با مکانیک ژنتیک های طبیعی هستند. این الگوریتم ها استراتژی بقای مناسب ترین داروین را با اطلاعات رندوم پیش ساخته رد و بدل شده در بین تعداد زیادی از کروموزوم های مصنوعی، ترکیب می‌نماید. این روش در سال های اخیر از محبوبیت فراوانی برخوردار شده است، زیرا یک ابزار قدرتمند بهینه سازی، برای مسائل متنوعی در مهندسی، علوم، اقتصاد، محاسبات و غیره می‌باشد. الگوریتم ژنتیک تمامی جنبه های

خصوصیات آشکار و هم خصوصیات پنهان تر داده ها را آشکار نماید. پس از فرایند تخمین، باقی مانده های نهایی در معرض تست سفیدی قرار می‌گیرند. هدف این تست، اطمینان حاصل نمودن از این است که مدل انتخاب شده، بطور دقیق مجموعه ی داده ها را توصیف می‌نماید [۴].

۲-۱ تست سفیدی

هدف تست سفیدی، اطمینان حاصل نمودن از این است که مدل انتخاب شده بطور دقیق مجموعه ی داده ها را توصیف می‌نماید. تست سفیدی دارای دو مرحله است که عبارتند از:

- بررسی نمودار باقی مانده ی تخمینی (آنالیز اکتشافی)
- محاسبه ی تابع خود ارتباطی باقی مانده (RACF) در تاخیر های زمانی گوناگون (آنالیز تصدیق کننده).

RACF را می‌توان بصورت زیر محاسبه نمود:

(۳)

$$RACF_k = \frac{\sum_{t=k}^m \omega_t \omega_{t-k}}{\sum_{t=1}^m \omega_t^2}$$

در این عبارت، $RACF_k$ بیانگر RAFC در تاخیر زمانی k است.

ω_t بیانگر باقی مانده ی تخمین زده شده در زمان t می‌باشد.

مقدار RAFC در بازه ی -۱ و +۱ می‌باشد. اگر مقدار داده شده (نسبت به مقدار اول) کاملاً با مقدار صفر فاصله داشته باشد،

بیرون از یک سطح میانی اطمینان بخش می‌افتد [۴].

پیش از شروع فرایند پیش بینی، بایستی یک روش پیش بینی را انتخاب نماییم، مد را ساخته و در انتها، مدل ساخته شده را تست نماییم. همان طور که پیشتر ذکر شد، روش بازگشتی، بدلیل سادگی و استفاده ی آسانش، پرکاربرد ترین روش است.

بنابراین، از این روش برای مدل سازی استفاده می‌نماییم. لازم به ذکر است که هدف اصلی این مقاله، ارائه ی کاربرد این سه روش، برای مساله ی پیش بینی بار و ارزیابی نتایج بدست آمده است.

هدف ارائه ی مدل های گوناگون و مقایسه ی آنها با هم نمی‌باشد. هرچند، خطای آنالیز نشان می‌دهد که مدل انتخاب شده مناسب می‌باشد. برای شناسایی مناسب ترین مدل

بازگشتی، مجموعه داده ها که در مرجع ۳ داده شده اند، بایستی مورد بررسی قرار بگیرند. مطالعه ی تصویر ۱ نشان می‌دهد که مجموعه ی داده ها ناپایدار است، زیرا تقاضا دائماً با زمان در حال

افزایش است. بعلاوه، الگوی این افزایش، نشان می‌دهد که

۴- فیلتر مقدار مطلق حداقل (LAVF)

مشق کامل معادلات فیلتر ارائه شده فراتر از اهداف این مقاله است و در مرجع [۱۲] آمده است. فیلتر دینامیکی بر روی مدل فضای حالت مجزای توصیف شده توسط معادله ی اندازه گیری که در معادله ی ۴ آمده است، اعمال می‌گردد و معادله ی حالت گذار به فرم زیر می‌باشد.

(۶)

$$X(t+1) = \phi(t)X(t) + \bar{w}(t)$$

همان طور که پیش تر بیان گردید، اندازه ی بردار خطا $r(t)$ فرض می‌شود که توالی سفید با covariance شناخته شده است. ماتریس covariance برای $\bar{w}(k)$ بصورت زیر می‌باشد:

(۷)

$$E\{\bar{w}(k)\bar{w}^T(j)\} = \begin{cases} 0 & ; j \neq k \\ Q(k) & ; j = k \end{cases}$$

تخمین با استفاده از ماتریس فیلتر $K(k)$ در گام k عبارتست از:

(۸)

$$\hat{X}(t) = \bar{X}(t) + K(t)[Z(t) - H(t)\bar{X}(t)]$$

فرایند مورد نظر تا زمانی که آخرین اندازه گیری استفاده گردد، تکرار می‌شود. فرض بر این است که covariance ها و ماتریس های انتقال، شناخته شده اند. لازم به ذکر است که اختلاف بین روش فیلتر مقدار مطلق حداقل ارائه شده (LAVF) و روش فیلتر Kalman (KF)، در معادله ی حاصل، آمده است، که مرتبط با اختلاف ذات تابع هدف استفاده شده در بدست آوردن معادله ی فیلتر است. در KF، تابع دارای خطای مربع حداقل وزنی است، اما در LAVF، تابع دارای خطای مطلق حداقل وزنی است [۳].

۵- مربعات خطای حداقل (LS)

روش LS برای حداقل نمودن مجموع مربع باقی مانده ها $r(t)$ معادله ی ۴ استفاده شده است. راه حل LS مربوط به یک سیستم over determined معادله ی توصیف شده با معادله ی ۴، بوسیله ی [5] و [11] توصیف شده است:

(۹)

$$X = [H^T H]^{-1} H^T Z(T) = H^{-1} Z(T)$$

در این عبارت، H^* ماتریس معکوس کاذب چپ H است.

محاسبات نرم، از جمله عدم قطعیت، عدم دقت، غیر خطی بودن و قدرتمند بودن را گرد هم می‌آورد. برخی از خصوصیات جذاب در پاراگراف بعد خلاصه می‌گردند.

• آموزش: الگوریتم ژنتیک مشهورترین و محبوب ترین روش تحقیق جهانی است که قابلیت تحقیق و استخراج یک فضای کاری داده شده را با استفاده از اندازه های کارکرد قابل دسترس (یا آموزش) دارد.

• ساختار کد ژنتیک: الگوریتم ژنتیک بر روی رشته پارامتر انکود شده عمل می‌کند، نه بطور مستقیم بر روی پارامترها. این امر باعث می‌شود که کاربر با هر جنبه از مساله، به عنوان یک متغیر قابل بهینه سازی رفتار نماید.

• قابلیت بهینه سازی راه حل ها: در بسیاری از مسائل، هیچ تضمینی برای هموار بودن و تک روشی، وجود ندارد. روش های تحقیق سنتی اغلب در چنین فضاهای تحقیقاتی دچار خطا می‌شوند. الگوریتم ژنتیک قادر است که راه حل های بهینه ی مناسبی را در فضاهای تحقیقی پیچیده را بیابد.

• اپراتورهای پیشرفته: شامل راه حل هایی از قبیل Niching (برای تعیین راه حل های چندگانه)، ترکیب های عصبی، فازی و تئوری اغتشاش و بهینه سازی روش چندگانه می‌شود.

روش الگوریتم ژنتیک ارائه شده در این مقاله، برای یافتن مقدار بهینه ی بردار وضعیت X بکار می‌رود تا مجموع خطای پیش بینی $r(t)$ را به حداقل رساند. به منظور تعیین بهترین رشته و تسریع همگرایی روند تکرار، سازگاری در محدوده ی ۰ و ۱ نرمالایز می‌گردد. تابع سازگاری (ff)، برابر است با [۶]:

(۵)

$$ff = \frac{1}{1 + k \sum_{t=1}^m |r(t)|}$$

در این عبارت، k ثابت مقیاس است ($k=0.0001$) در این مقاله اگر همانند دیگر روش های اتفافی، الگوریتم ژنتیک دارای تعدادی پارامتر است که بایستی انتخاب گردند. اندازه ی جمعیت، احتمال تقاطع و احتمال دگرگونی. کارهای بیشتر، نشان می‌دهند که مقادیر زیر، برای این تحقیق مناسبند:

اندازه ی جمعیت = ۳۰۰

احتمال تقاطع = ۰,۸

و احتمال دگرگونی = ۰,۰۴

۶- کاربردهای عملی و نتایج

بارها را در طول دوره ی ۱۳۹۰-۱۳۸۰ پیش بینی می‌نمایند. نتایج بدست آمده به کمک این سه روش پیش بینی، نشان می‌دهند که بهترین مدلی که این مجموعه داده ها را ارائه می‌دهد، مدل ۲ می‌باشد. این نتیجه گیری در مرجع ۳ نیز گزارش شده است. به منظور مطمئن شدن، تست سفیدی که پیشتر توصیف گردید، انجام می‌شود. بررسی باقی مانده ی تخمینی نشان می‌دهند که مدل ۲ برای پیش بینی بار مجموعه ی داده های مورد نظر، مناسب می‌باشد. کاملاً مشخص است که بهترین مدلی که رشد بار را بطور دقیق توصیف می‌نماید و کمترین میزان خطا را در فرایند پیش بینی حاصل می‌شود، مدل ۲ است. این مدل، حداکثر خطای ۱٫۱٪ را می‌دهد. که در جدول ۱ دیده میشود حداکثر خطا مربوط به LAVF می‌باشد و با این همه مقدار قابل قبولی می‌باشد.

جدول (۱): مقایسه روش ها در مدل دوم و مقادیر پارامترها

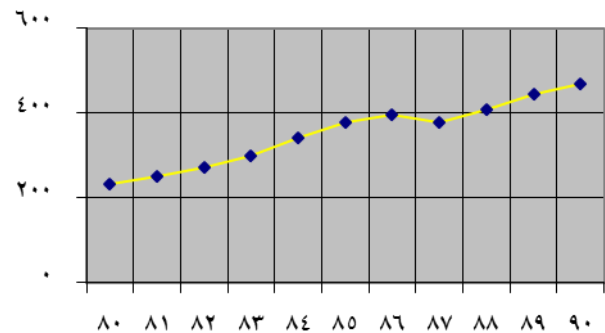
	GA	LS	LAVF
A ₀	۲۱۰٫۱	۲۰۹٫۴	۲۰۷٫۲
A ₁	۲۰٫۵	۲۱٫۸۲	۲۳٫۱
A ₂	۰٫۵۸	-۰٫۲	۰٫۱
خطا(درصد)	٪۰٫۳	٪۱٫۱	٪۰٫۷

جدول ۲ عملکرد این سه الگوریتم را به اختصار بیان می‌نماید. در این جدول، t زمان مورد نیاز CPU برای محاسبات GA را بیان می‌نماید. در واقع، این زمان، وابسته به چندین فاکتور است، از قبیل نوع کامپیوتر، نرم افزار استفاده شده و پارامترهای GA انتخاب شده. در این کار، به کمک پارامترهای GA پیشتر ذکر شده و با استفاده از PC، پردازنده ی 1000 MHz، مقدار t در حدود ۴۰ ثانیه است. از آنجا که محاسبات پیش بینی بار اغلب بطور آفلاین اجرا می‌شود، محاسبه ی زمان در این گونه کاربردها، به اندازه ی دقت، دارای اهمیت نمی‌باشد. بنابراین، روش GA به عنوان یک ابزار قدرتمند برای پیش بینی بار، در نظر گرفته می‌شود.

جدول (۲): ارزیابی عملکرد سه روش

	GA	LAVF	LS
زمان محاسبات	t	۰٫۷ t	۰٫۲ t
خطا(درصد)	کم	منطقی	زیاد
دقت	زیاد	کم	کمتر

مدل ارائه شده، برای پیش بینی تقاضای بار حداکثر شبکه ی زنجان استفاده می‌شود. داده های ضبط شده ی حقیقی برای انجام مطالعه استفاده می‌گردد. داده های ارائه شده در مرجع ۱۳، در تصویر ۱ ارائه شده اند. این تصویر، تقاضای بار حداکثر مربوط به سیستم توان شبکه زنجان، مربوط به سال های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ را ارائه می‌نماید. در شکل ۱ نمودار بار مصرفی دیده می‌شود. این سه مدل پیش بینی که پیشتر بررسی گشتند، برای ارائه ی رشد بار استفاده شده اند. مجموعه ی داده ها به دو بخش تقسیم می‌گردد. یازده سال اول، تا سال ۱۳۹۰، برای تولید یک سیستم معادلات over determined. این سیستم معادلات، با استفاده از سه روش تخمین، حل شده است تا پارامترهای بهینه ی پارامترهای مدل های گوناگون را بیابد. بخش دیگر مجموعه داده ها، از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ و به بعد، برای ارزیابی فرایند تخمین، استفاده می‌شود. به سادگی و با استفاده از پارامتر های بدست آمده از فرایند تخمین، بارهای حداکثر را در دوره ی ۱۱ ساله، پیش بینی می‌نماید و این مقادیر را با داده های حقیقی داده شده مرجع، مقایسه می‌نماید.



شکل ۱. تقاضای حداکثر سالیانه

۶-۱- شایستگی مدل

این سه روش برای شناسایی پارامترهای هر مدل استفاده می‌گردند. این سه مدل، یعنی چند جمله‌ای های خطی، درجه دو و درجه سه (به ترتیب مدل های ۱، ۲، و ۳)، برای یافتن تخمینی از پارامترها، در هر مورد، با الگوریتم ژنتیک استفاده می‌گردند. روش های LAVF و LS، پارامترهای بدست آمده برای هر مدل را با استفاده از این سه روش تخمین می‌زنند که سپس

خطا به مقدار ۰.۱٪ درصد رسیده است و با توجه به اینکه جواب های الگوریتم ژنتیک با ۲۰۰ بار تکرار بدست آمده و نسبت به مورد مشابه که ۲۰۰۰۰ تکرار صورت گرفته نشان دهنده سرعت همگرایی بالای این الگوریتم می باشد و با وجود داشتن سرعت بالا به مقدار دقیق تر با الگوریتم ژنتیک رسیده ایم.

با مقایسه تخمین ها دیده می شود که بهترین تخمین با الگوریتم ژنتیک می باشد و کمترین خطا با این الگوریتم حاصل میشود که در بین مدل ها نیز کارآمدترین مدل دوم می باشد که در ادامه نتایج حاصل از پیش بینی با الگوریتم ژنتیک و مدل دوم در جدول ۳ آورده میشود.

مراجع:

[1] Load Forecasting Bibliography: Part 1, IEEE Trans., Power APP., Vol. PAS-99, #1, Jan. 1980.

[2] H. Willis and J.E.D. Northcote, Comparison tests of 14 distribution load forecasting methods, pp 1190-1197.

[3] K.M.EL-Naggar, Long -Term Load Forecasting Using Recursive Algorithm, Fifth International Middle East Power Conference (MEPCON97), 1997, pp-320-324.

[4] H.K. Temraz, K.M.EL-Naggar and M.M.A. Salama, Application of Noniterative least Vol. 23, No.4, Oct. 1998, pp.141-146.

[5] Kandil, M.S., El-Debeiky, S.M., Hasanien, N.E., Vol. 17, Issue:2, May 2002, pp. 491 – 496.

[6] Parlos, A.G.; Oufi, E.; Muthusami, J.; Patton, A.D.; Atiya, A.F.; "Development of an intelligent long-term electric load forecasting", 28 Jan.-2 Feb. 1996, pp.288-292.

[7] Khaled M. EL-Naggar and Khaled AL-Roumaih, Genetic Based Algorithm Approach to Long-Term Load Six International Egypt, Vol.1, 1998, pp.237-241.

[8] Po Hunng and H. C. Chang, Large-Scale Economic Dispatch By Genetic Algorithms 1995, pp. 1919-1927.

[9] Reformate M., Kuffel E., Woodford D. and Pedrycz W, Generation, July 1998, pp.345-354.

[10] F. Wen and H. Zhenxiang, Fault Section Estimation in Electric Power, Journal, Vol. 34, 1995, pp.165-172.

[11] E.A. Abu-AlFeilat, Performance Estimation Techniques for Power, System Dynamic Stability using Least Squares, Kalman Filtering and Genetic Algorithms, Proc. of Southeast Conf. 2000, IEEE conf. Proc, pp.489-492.

[12] G.S. Christensen and S.A. Soliman, Automatica, Vol. 26, No. 2, 1990

[13] Hiroyuki Mori, Eitaro Kurata. "Graphical Modeling for Selecting Input Variable of Short-term Load Forecasting". IT Power Tech, 2007 IEEE Lausanne IT.

[14] Aldo Goia, Caterina May, Gianluca Fusai. "Functional clustering and linear regression for peak load forecasting". International Journal of Forecasting 26 (2010) 700–711.

[15] Toly Chen, Yu-Cheng Wang. " Long-term load forecasting by a collaborative fuzzy-neural approach". Electrical Power and Energy Systems 43 (2012) 454–464.

جدول (۳): بار تخمین زده شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک

سال	بار واقعی (MW)	میزان بار تخمین زده شده
۱۳۸۰	۲۳۱.۹	۳۹۱.۰۸۲
۱۳۸۱	۵.۲۵۱	۲۵۱.۶۸۵
۱۳۸۲	۲۷۲.۴	۲۷۲.۵۶۱
۱۳۸۳	۲۹۸.۷	۲۹۸.۲۵۲
۱۳۸۴	۳۴۱.۹	۳۴۰.۱۸۲
۱۳۸۵	۳۷۶.۳	۳۷۶.۲۶۹
۱۳۸۶	۳۹۴.۴	۳۸۹.۹۲۵
۱۳۸۷	۳۷۹.۱	۳۹۲.۲۳۶
۱۳۸۸	۴۰۶.۶	۴۰۷.۱۰۲
۱۳۸۹	۴۴۴	۴۴۴.۰۱۵
۱۳۹۰	۴۶۹.۶	۴۶۹.۵۸۹

۷- نتیجه گیری

این مقاله، کاربرد الگوریتم های GA، LAVF و LS را برای پیش بینی بار بلند مدت، در سیستم های توان را ارائه می دهد. این مساله بصورت یک مساله ی بهینه سازی، فرمول بندی می شود. چارچوب راه حل اجرا شد و با استفاده از داده های ضبط شده ی حقیقی، تست می شود. سه مدل مختلف استفاده شده است و ثابت شد که مدل درجه دوم، بهترین مدلی است که متغیر های داده ها را ارائه می دهد. سپس این مدل با داده های ضبط شده ی حقیقی، مورد استفاده قرار می گیرد تا عملکرد این سه الگوریتم را تست نماید. پیشبینی، با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک با روش های دیگر مقایسه شده است. نتایج پیش بینی، با استفاده از الگوریتم ژنتیک از بقیه بهتر می باشند. این مطلب نشان می دهد که روش های الگوریتم ژنتیک کاملاً امیدبخش هستند و مستحق توجه ویژه، به واسطه ی قدرت و مناسب بودن آن برای اجرای موازی می باشد، با مقایسه جواب های این الگوریتم با الگوریتم PSO مربوط به مرجع ۱۳ میتوان دریافت