همایش ملي انرژي
دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر
آذر ۱۳۹۴

مدیریت سمت تقاضا (DSM) در شبکه هوشمند با استفاده از بهینه سازی ابتکاری

ابراهیم شیروی [۱،*] ، شاهرخ شجاعیان [۲]

* نویسنده مسئول:ebrahim.shiravi @iaukhsh.ac.ir

چکیده

مدیریت سمت تقاضا یک برنامه مدیریتی مربوط به برنامه ریزی ، اجرا وکنترل تمامی فعالیتهای اجرایی است که اثرات مطلوبی بر روی مصرف انرژی الکتریکی گذاشته است و یکی از مهمترین توابع در شبکه هوشمند است که مشترکان به تصمیم گیری آگاهانه در مورد مصرف انرژی الکتریکی اجازه می یابند و به کاهش تولید در تقاضای بار پیک کمک می کند و منحنی بار را تغییر شکل می دهد .این نتایج پایداری شبکه هوشمند را افزایش می دهد ، به خوبی هزینه انرژی الکتریکی و آلودگی هوا را کاهش می دهد این مقاله یک استراتژی سیستم مدیریت سمت تقاضا را نشان می دهد که بر اساس تکنیک شیفت بار برای مدیریت سمت تقاضا شبکه های هوشمند آینده ارائه شده است. سیستم نامبرده برای وسایل الکتریکی از انواع مختلف می باشد.تکنیک شیفت باراروزهای بعدی (پیش رو) در این مقاله با فرمولهای ریاضی همچون یک مسئله کمینه سازی بیان می شود .این الگوریتم تکاملی به راحتی ابتکارات مختلفی در مسئله به کار گرفته می شود و برای حل این مسئله کمینه سازی استفاده می شود. شبیه سازی که در شبکه هوشمند انجام شده است شامل بارهای متنوع بوده که نتایج مربوط به حوزه سرویس مشترکان خانگی در این مقاله ارائه شده است .نتایج شبیه سازی نشان می دهد استراتژی مدیریت سمت تقاضا مطرح شده به یک صرفه جوئی قابل توجهی می رسد که تقاضای بار پیک و هزینه انرژی الکتریکی در شبکه هوشمند را کاهش می دهد .

واژه‌های کلیدی

مدیریت سمت تقاضا ، شیفت بار ، الگوریتم تکاملی ، شبکه هوشمند

۱-دانشجوی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

۲- استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

۱ – مقدمه

شبکه هوشمندیک چشم انداز از آینده تکنولوژیهای سنجش پیشرفته تکامل یافته را نشان می دهد متدولوژیهای کنترل و تکنولوژیهای ارتباطات در سطوح توزیع و انتقال به منظور تأمین انرژی الکتریکی در یک روش هوشمندانه می باشد. از زمان ایجاد شبکه های هوشمند تا حال ، رشد فزاینده ای داشته است. از مشخصات اصلی شبکه های هوشمند خودترمیمی شبکه می باشد که در صورت بروز عیب در یکی از عناصر سیستم به سرعت آن را شناسایی نموده و بطور خودکار تصمیمات اصلاحی جهت بر طرف کردن آن را خواهدگرفت [۱].

مدیریت سمت تقاضا[1](DSM) یک عامل مهم در مدیریت انرژی آینده شبکه هوشمند می باشد که عوامل مربوط به ویژگیهای شبکه هوشمند در بخش های مختلف همچون مدیریت وکنترل فروش برق ، زیربنای صحیح ساخت و مدیریت منابع انرژی غیرمتمرکز و خودروهای برقی را مهیا می کند. یکی از هدف های اصلی سیستم مدیریت سمت تقاضا تغییر شکل منحنی بار می باشد که موجب افزایش پایداری شبکه و کاهش آلودگی هوا می گردد[۲].

قیمت گذاری هوشمند یکی از مشخصات منحصر به فرد شبکه هوشمند است که امکان بوجود آمدن بوسیله وسایل اندازه گیری الکتریکی هوشمند با اندازه گیری اتوماتیک می باشد .این روش می تواند قیمت گذاری مؤثر هزینه انرژی را بر اساس تحویل انرژی الکتریکی در یک مکان ، زمان واندازه ای مشخص هدایت کند[۳].

وقتی قیمت گذاری هوشمند با مدیریت سمت تقاضا استفاده می شود کنترل مصرف انرژی مشترک بوسیله افزایش هزینه انرژی الکتریکی در ساعات پیک و طرح های مشوق در همه سطوح زنجیره تغذیه مؤثر خواهد بود.به هر حال اساس وبنیاد انجام مدیریت سمت تقاضا در زمینه شبکه هوشمند افزایش کارایی کلی سیستم ،امنیت و پایداری در حداکثر ظرفیت زیر ساخت موجود می باشدکه به یکپارچگی تکنولوژی کاهش آلودگی هوا در اثر کاهش تولید انرژی الکتریکی کمک می کند وسیستم مدیریت سمت تقاضا نقش قابل توجهی در بازارهای برق بازی می کند .

کنترلر مرکزی سیستم مدیریت سمت تقاضا درباره برنامه بار جدید وکاهش بار موجود برای هر گام زمانی در روز بعدی را انجام خواهد داد .سپس کنترلر مرکزی می تواند زمانی دیگری را پیشنهاد دهد چنانکه بارهایی را از ساعات پیک شیفت خواهد داد . منافعی که از مدیریت سمت تقاضا ی بار ایجاد می شود بوسیله گروه مشترکین بازپرداخت خواهد شد .چندین روش وآلگوریتم در مدیریت سمت تقاضا استفاده می شود بسیاری از آنها استراتژیهای خاص سیستم می باشند و بعضی از آنها که در سیستم کاربرد عملی ندارند طیف گسترده ای از وسایل مستقل می باشند .بسیاری از تکنیکها با برنامه ریزی خطی ودینامیکی توسعه یافته اند .این تکنیکهای برنامه ریزی می توانند تعداد زیاد وسایل قابل کنترل از انواع مختلف را حمایت کنند که چندین الگوی محاسباتی و ابتکاری دارند [۴].

موضوع اولیه تکنیکهای سیستم مدیریت سمت تقاضا که نشان می دهد تقاضای بار پیک سیستم و هزینه عملیاتی آن کاهش می یابد.اگرچه منافع آن قادر به پیشنهاد مشوق های مختلف مربوط به مشترکین برای کنترل مستقیم بارهای انتخاب شده بارهای گروه مشترکین می باشد. بنابراین روش های مختلفی برای سیستم مدیریت در تقاضا آینده شبکه هوشمند به کارگرفته می شود که هدف بهبود یافتن وضعیت مصرف انرژی مشترکین با کنترل بیشتر مصرف انرژی الکتریکی می باشد .در شبکه هوشمند استراتژیهای سیستم مدیریت سمت تقاضا نیاز به حمایت کردن تعداد بارهای قابل کنترل با انواع مختلف را دارد .علاوه بر این بیشتر بارها ، مشخصاتی می توانند داشته باشند که بیش از چند ساعت در مدار قرارگیرند. علاوه بر این تحول شبکه امروزی نسبت به شبکه هوشمند دیدگاه جدیدی نسبت به مدیریت سمت تقاضا باز می کند .در ابتدا یک بخش مهم ، تولید برق در شبکه هوشمند است که انتظار می رود از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند

[1] Demand side Managment

استفاده ازصفحات فتوولتائیک (PV)[1] جهت تولید برق از انرژی خورشیدی می باشد[۵].

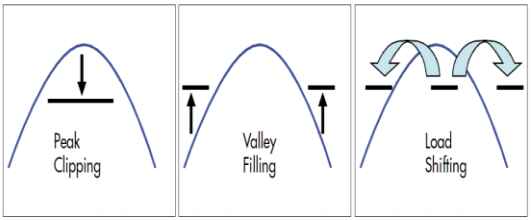
در این مقاله یک استراتژی مدیریت سمت تقاضا برای شبکه هوشمند مطرح می شود .این استراتژی براساس روش شیفت بار می باشد که می تواند تعداد زیادی وسایل الکتریکی از انواع مختلف را دربرگیرد.در این تحقیق یک ابتکار بر اساس الگوریتم تکاملی استفاده شده است که می تواند به آسانی مطابق با ابتکارات آن در حل مسئله توسعه داده شود .مطالعات شبیه سازی بر روی یک شبکه هوشمند انجام شده است که شامل مشترکین خانگی می باشد[۶].

۲- روشهای مدیریت سمت تقاضا

در دهه های گذشته ، قبل از شروع تجدیدساختارسنتی در صنعت برق ، مصرف کننده ها امکان انتخاب در خرید انرژی الکتریکی را نداشتند.آن ها ملزم به خرید انرژی الکتریکی از شرکتی بودند که در منطقه آن ها انحصار عرضه برق را در اختیار داشت .در آن زمان شرکت های برق ، ساختار یکپارچه عمودی داشتند بدین معنی که مسئولیت تولید انرژی الکتریکی ، انتقال آن از نیروگاه ها به مراکز بار و در نهایت توزیع انرژی بین مصرف کننده ها را به عهده داشتند. در اکثر کشورها این شرکت ها به صورت شرکت های ملی یا بنگاههای دولتی اداره می شدند[۷] .

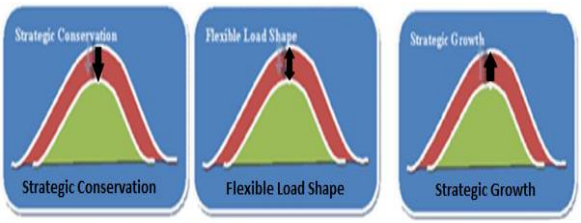
از دیدگاه آژانس بین المللی انرژی ، راهبردهای مدیریت سمت تقاضا در دودسته عمده قابل دسته بندی هستند ۱-دسته شکل بار ۲- دسته سطح بار .

دسته شکل بار شامل راهبردهایی است که در پی تأثیر بر شکل و منحنی بار در زمان های کوتاه مدت (دقیقه –ساعت-روز) تا درازمدت (روز – هفته – فصل) می باشد. این راهبردها موجب افزایش قابلیت اطمینان سیستم می شوند، شکل(۱) [۸] .



شکل (۱) چگونگی اثر راهبردهای تغییر شکل بار

دسته سطح بار شامل راهبردهایی است که در پی جابه جایی منحنی بار به سطح پایین تقاضا و یا سطح بالاتر ، از طریق جابه جایی از یک نوع سیستم انرژی به نوع دیگری می باشد. این راهبردها موجب حفظ منبع و یا کاهش گازهای آلوده کننده می شوند،شکل(۲).

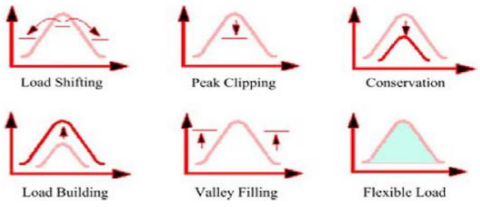


شکل (۲) چگونگی اثر راهبردهای تغییر سطح بار

اشکال بار که تقاضاهای برق فصلی یا روزانه مشترکین مختلف بین زمان های پیک و غیرپیک را نشان می دهد که متواند با شش روش گسترده اصلاح یابد که شامل موارد زیر است [۹و۱۰].

۱- برش پیک ۲- دره پرکنی ۳ – انتقال بار ۴- کاهش باراستراتژیکی ۵- افزایش بار استراتژیکی ۶- منحنی انعطاف پذیر

معمولا ، این روشهای مدیریت سمت تقاضا در آینده شبکه های هوشمند به کارگرفته می شوند .این شش روش در شکل (۳) نشان داده شده است :



شکل (۳) روش های مدیریت سمت تقاضا

[1] Photo Voltaic

روشهای برش پیک و دره پرکنی بر روی کاهش اختلاف بین سطوح دره و پیک به منظور کاهش تقاضای پیک بار و افزایش امنیت شبکه هوشمند تمرکز می کند. برش پیک یک روش مستقیم کنترل بار به منظور کاهش دادن بارهای پیک ، و روش دره پرکنی در زمانهای غیرپیک بوسیله اعمال کنترل مستقیم بار ایجاد می گردد روش انتقال بار یک کاربرد گسترده ای دارد و مؤثرترین روش مدیریت بار در شبکه های توزیع برق می باشد

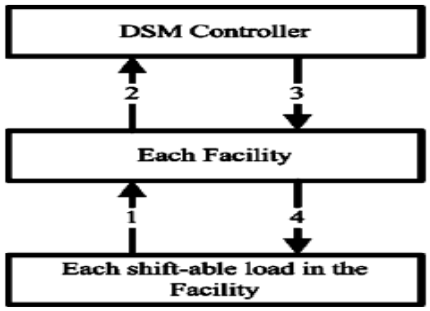
روش انتقال بار مزیت آن مستقل بودن بارها نسبت به زمان می باشد و بارها از زمان پیک به زمان های غیر پیک شیفت می یابد .اهداف کاهش بار استراتژیکی رسیدن به شکل منحنی بار بهینه از میان کاربرد روش های مستقیم کاهش تقاضا در محل مشترکین می باشد . سیستم مدیریت توزیع به نظر می رسد پیامدهای بلند مدت کاهش تقاضا برروی برنامه ریزی و عملکرد شبکه داشته باشد .

روشی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است روش انتقال بار از ساعات پیک به ساعات غیر پیک می باشد .

۳- استراتژی مدیریت سمت تقاضا

این مقاله یک استراتژی تعمیم یافته مدیریت سمت تقاضا (DSM) روز بعدی برای آینده شبکه هوشمند می باشد.استفاده از روش انتقال بار یک روش اولیه است که می تواند بوسیله کنترلر مرکزی شبکه هوشمند به کار گرفته شود . موضوع مدیریت سمت تقاضا(DSM) می تواند ماکزیمم کاربرد منابع انرژی تجدیدپذیر ، ماکزیمم منافع اقتصادی ، کاهش توان ورودی از شبکه اصلی توزیع یا کاهش تقاضای بار پیک بار را به همراه داشته باشد .مدیریت شبکه هوشمند یک منحنی بار هدف مطابق با هدف مدیریت سمت تقاضا طراحی می کند اهداف الگوریتم بهینه پیشنهادی نزدیک کردن منحنی بار نهایی به منحنی بار هدف می باشد چنانکه به هدف مطلوب استراتژی (DSM) رسیده باشد.

شکل (۴) ساختار استراتژی مدیریت سمت تقاضا روز بعدی را نشان می دهد .مطابق با معماری نشان داده شده ، سیستم مدیریت سمت تقاضا در ورودی منحنی بار هدف را دریافت می کند و محاسبات ضروری کنترل بار به منظور برآورد مصرف بار مطلوب انجام می شود [۱۱].



شکل (۴) ساختار استراتژی مدیریت سمت تقاضا

ساختار پیشنهادی انعطاف پذیر است و کاملا مستقل از ضوابط مورد استفاده تولید منحنی بار هدف می باشد .مدیریت سمت تقاضا در شروع یک پریود کنترلی از پیش تعریف شده که نوعاً یک روز است انجام داده می شود.سپس عمل کنترل در زمان واقعی بر اساس نتایج اجرا می شود.شکل (۴) مبادله اطلاعات بین کنترلر مدیریت سمت تقاضا و هر وسیله ای در مدت عملکرد زمان لحظه ای را نشان می دهد.این مزیت قابلیت ارتباطات شبکه هوشمند می باشد .

وقتی یک مشترک دکمه اتصال یک وسیله الکتریکی را فشار می دهد ، درخواست اتصال به کنترلر مدیریت سمت تقاضا ارسال می شود . کنترلرمدیریت سمت تقاضا بر اساس نتایج روش مدیریت سمت تقاضا که درقبل انجام شده است پاسخ می دهد که این وسیله می تواند در مدار قرار گیرد یا مجاز به استفاده در زمان دیگری خواهد بود.

۴- فرمول مسئله

استراتژی مدیریت سمت تقاضا ی مطرح شده برنامه ریزی می شود در لحضات اتصال هر وسیله انتقال یافته در سیستم در یک روش که منحنی مصرف بار به عنوان منحنی بار هدف آورده شده است . روش انتقال بار مطرح شده دارای فرمول ریاضی شماره (۱) می باشد:

$$\sum_{t=1}^{N}\left(PLoad(t)-Objective(t)\right)^2 \qquad (۱)$$

Objective (t) تابع هدف و PLoad (t) مصرف واقعی در زمان t می باشد .PLoad (t) از رابطه (۲) بدست می آید:

PLoad(t)=Forcast(t)+Connect(t)-Disconnect(t) (۲)

Forcast(t): بار پیش بینی شده در زمان t

Connect (t): بارهای اضافه شده در زمان t

Disconnect (t): بارهای کاهش یافته در زمان t

Connect (t) از رابطه (۳) محاسبه می شود :

(۳)

$$Connect(t) = \sum_{i1=1}^{t-1}\sum_{k=1}^{D} X_{kit}.P_{1k} + \sum_{l=1}^{j-1}\sum_{i=1}^{t-1}\sum_{k=1}^{D} X_{ki(t-1)}.P_{(1+l).k}$$

X با اندیس k_{it} تعداد وسیله نوع k که از زمان i به زمان t انتقال می یابد وP با اندیس lk و$k(1+l)$ مربوط به توان مصرفی به ترتیب در زمان l و l+l برای وسیله نوع k می باشد . j مجموع زمان مصرف و D تعداد انواع وسایل است .

Disconnect (t) از رابطه (٤) محاسبه می گردد:

(۴)

$$Disconnect(t) = \sum_{q=t+1}^{t+m}\sum_{k=1}^{D} X_{ktq}.P_{1k} + \sum_{l=1}^{j-1}\sum_{q=t+1}^{t+m}\sum_{k=1}^{D} X_{k(t-1)q}.P_{(1+l).k}$$

m ماکزیمم تاخیر مجاز در رابطه (٤) می باشد.

۵- الگوریتم تکاملی پیشنهادی

الگوریتم تکاملی پیشنهادی مدیریت سمت تقاضا برای آینده شبکه هوشمند نیاز به طراحی روند یک تعداد زیاد وسیله قابل کنترل بار از انواع مختلف را دارد.علاوه بر این هر نوع بار قابل کنترل می تواند مشخصات انرژی مصرفی مختلفی داشته باشد که در ساعات مختلف در مدار باشد .

این الگوریتم پیشنهادی نه تنها مطابق با ابتکاراتی در آسان کردن مسئله می باشد بلکه هزینه مؤثر وکارآمد حل مسئله را ارائه می دهد .یکی از مزیت های اصلی الگوریتم پیشنهادی انعطاف پذیری در زیرساخت و توسعه الگوریتم است که در دیگر روش های مرسوم نمی تواند فراهم شود.انعطاف پذیری طبیعی الگوریتم تکاملی اجرای مدل الگو های تقاضای بار را بر اساس سبک زندگی مشترکین اجازه می دهد به طوریکه نارضایتی مشترکین به حداقل می رسد[۱۱] .

یکی از مزیت های اصلی الگوریتم پیشنهادی انعطاف پذیری در زیرساخت و توسعه الگوریتم است که در دیگر روش های مرسوم نمی تواند فراهم شود .انعطاف پذیری طبیعی الگوریتم تکاملی اجرای مدل الگو های تقاضای بار را بر اساس سبک زندگی مشترکین اجازه می دهد به طوریکه نارضایتی مشترکین به حداقل می رسد . انواع بارها در تست حالت های در نظرگرفته شده در این مقاله دیده می شود .جایی که وسایل قابل کنترل ویژگیهایی دارند چنانکه زمان های اتصال وسایل می تواند فقط با تاخیر انجام گیرد و به جلو نمی آورد . مزیت اصلی دیگر الگوریتم پیشنهادی قادر به مدیریت کردن تعداد زیاد وسایل الکتریکی قابل کنترل از انواع مختلف را دارا می باشد .اندازه مسئله فقط بر طول کروموزوم های الگوریتم تکاملی تاثیر می گذارد.مسئله مدیریت سمت تقاضا ویژگیهایی دارد ، زمان های اتصال وسایل می تواند فقط تاخیر داشته باشد و به جلو آورده نمی شود که می تواند به صورت رابطه (۵) بیان می شود :

$X_{kit} = 0 \quad \forall \quad i>t$ (۵)

ماکزیمم پله های زمانی که با N نشان داده می شود از رابطه (۶) محاسبه می شود :

$$N = \left((24-m)\times m + \sum_{n=1}^{m-1} n \right) \times k \qquad (۶)$$

الگوریتم تکاملی کروموزمها راه حل های مسئله را نشان می دهد . در این روش کروموزوم در یک آرایه از بیت ها ساخته می شود .

طول کروموزمها مستقیما بستگی به تعداد پله های زمانی دارد که در رابطه (۷) آورده شده است :

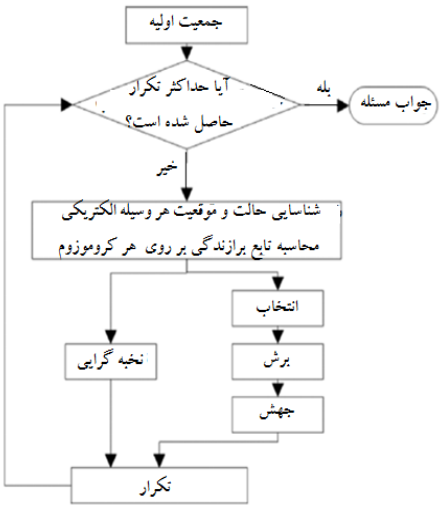
L=N * B (۷)

L : طول کروموزوم

B : تعداد بیت های مورد نیاز برای نشان دادن تعدادوسایلی که در هر پله زمانی انتقال داده می شود .

یک جمعیتی از کروموزم ها به صورت اتفاقی بوسیله تعدادهایی بین حد بالایی و پایینی هر ژنی مقداردهی اولیه می شوند یک تابع برازندگی انتخاب شده است چنانکه الگوریتم منحنی بار نهایی را به منحنی بار هدف نزدیکتر می کند .

الگوریتم ژنتیک پیشنهادی در شکل (۵) ارائه شده است . در اصل یک سری جمعیت جدیدی ازکروموزومها از جمعیت های موجود با عملگرهای ژنتیکی بوجود می آید .بدین معنا که از دو کروموزوم یک قسمت هایی یک و بقیه آن را صفر قرارمی دهیم یعنی در یک نقطه آن را قطع می کنیم که این روش تزویج تک نقطه ای گفته می شودو از جهش باینری استفاده می گردد. در برنامه نویسی الگوریتم ژنتیک مقدار نسبت برش را ۰/۹ و نسبت جهش را ۰/۱ در نظر می گیریم . الگوریتم مشخص می کند وقتی تعدادی مشروط تولیدات به ۵۰۰ رسیده باشد یا وقتی اندازه در تغییر مقدار تابع برازندگی تغییر بیشتری از یک محدوده خطا ($۱۰^{-۱۰}$) برای چندین (مثلا۵۰) تولیدات بعدی نداشته باشد [۱۱].



شکل (۵) الگوریتم تکاملی پیشنهادی

استراتژی مدیریت سمت تقاضا در این تحقیق ، کاهش هزینه قبوض مصرف کنندگان مشترکین خانگی می باشد . بنابراین یک منحنی بار هدف که انتخاب شده است متناسب با عکس بهای فروش برق می باشد .بهای فروش انرژی مشابه در شبکه هوشمند به کار گرفته می شود . شبیه سازی ها با ماکزیمم تأخیر مجاز ۱۲ ساعته انجام می شود .تأخیر طولانی تر، برای اجرای الگوریتم سیستم مدیریت سمت تقاضا بهتر است زمانی که تعداد بارهای قابل انتقال افزایش می یابد درنتیجه ، نتایج آن مطلوب می باشد .بهای برق به صورت ساعت به ساعت با واحد سنت بر کیلووات ساعت پیش بینی شده است و مصرف بار ساعت به ساعت هر بخش شبکه هوشمند در جدول (۱) آورده شده است .

جدول (۱) دیماند بار پیش بینی شده و بهای ساعت به ساعت انرژی

زمان (Hrs)	بهای انرژی (Ct/Kwh)	بار پیش بینی شده (KW) بار خانگی
8-9	12.00	729.4
9-10	9.19	713.5
10-11	12.27	713.5
11-12	20.69	808.7
12-13	26.82	824.5
13-14	27.35	761.1
14-15	13.81	745.2
15-16	17.31	681.8
16-17	16.42	666.0
17-18	9.83	951.4
18-19	8.63	1220.9
19-20	8.87	1331.9
20-21	8.35	1363.6
21-22	16.44	1252.6
22-23	16.19	1046.5
23-24	8.87	761.1
24-1	8.65	475.7
1-2	8.11	412.3
2-3	8.25	364.7
3-4	8.10	348.8
4-5	8.14	269.6
5-6	8.13	269.6
6-7	8.34	412.3
7-8	9.35	539.1

وسایل الکتریکی مورد نظر جهت کنترل بار در بخش خانگی دارای توان مصرفی پایین و مدت زمان مصرف انرژی کم می باشند .جدول (۲) انواع وسایل مورد نظر جهت کنترل بار و الگو های مصرفشان را نشان می دهد .بیش از ۲۶۰۰ وسیله قابل کنترل بار در این بخش که حدود ۱۴ نوع مختلف از لوازم خانگی می باشد که می تواند از این تعداد بیشتر یا کمتر باشد.همچنین حداکثر ساعات استفاده از هر وسیله الکتریکی مشخص شده است.

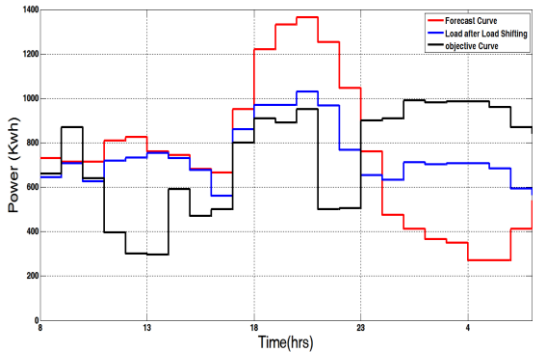
جدول(۲) وسایل الکتریکی قابل کنترل در بخش خانگی

نوع وسیله	تعداد	توان مصرفی هر وسیله الکتریکی (KW)		
		ساعت اول	ساعت دوم	ساعت سوم
خشک کن	189	1.2	-	-
ماشین ظرفشویی	288	0.7	-	-
ماشین لباسشویی	268	0.5	0.4	-
فراجاق	279	1.3	-	-
اتو	340	1.0	-	-
جارو برقی	158	0.4	-	-
فن	288	0.2	0.2	0.2
کتری برقی	406	2.0	-	-
توستر	48	0.9	-	-
سشوار	58	1.5	-	-
مخلوط کن	66	0.3	-	-
سرخ کن	101	1.1	-	-
قهوه ساز	56	0.8	-	-
پلوپز	59	0.85	-	-
مجموع	2604	-	-	-

۶- نتایج و بررسی شبیه سازی

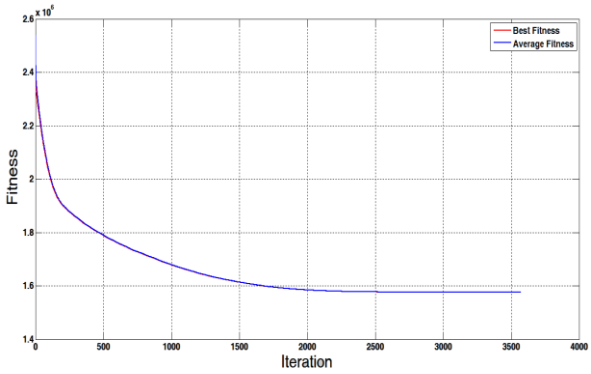
نتایج شبیه سازی استراتژی مدیریت سمت تقاضا که با استفاده از الگوریتم پیشنهادی انجام شده است به طوریکه منحنی بار مصرفی را به منحنی بار هدف در بخش خانگی تا حد امکان نزدیک می کند .حالت ایده ال این است که منحنی بار مصرفی مطابق با الگوریتم پیشنهادی روی منحنی بار هدف قرار گیرد ولی به دلیل محدودیت در سیستم و عدم کنترل تمامی وسایل الکتریکی موجود در بخش های مختلف نمی توان به حالت ایده ال دست یافت . اما با استفاده از الگوریتم مورد نظر می توان منحنی بارمصرفی را از منحنی بارپیش بینی شده دورکرده و به منحنی بار هدف نزدیکتر نماید.

الگوریتم پیشنهادی به طور مؤثر تعداد زیاد بارهای قابل کنترل از انواع مختلف را مدیریت کرده و همه ابتکارات در شبکه هوشمند را اتخاذ می کند . نتایج شبیه سازی شده دربخش خانگی در شکل (۶) ارائه شده است . با اعمال استراتژی مدیریت سمت تقاضا و انتقال بار از ساعات پیک به ساعات کم باری هزینه برق بخش خانگی برای هرروز از ۲۳۰۲/۹ دلار به ۲۲۰۴/۱ دلار کاهش یافته است در نتیجه حدود ۵ درصد هزینه انرژی مصرفی کاهش یافته است.



شکل (۶) نتایج شبیه سازی با استراتژی DSM در بخش خانگی

همچنین الگوریتم پیشنهادی در بخش خانگی پس از ۳۵۱۰ تکرار همگرا می شود . بهترین مقدار تابع برازندگی و مقدار متوسط آن در شکل(۷) ارائه شده است.



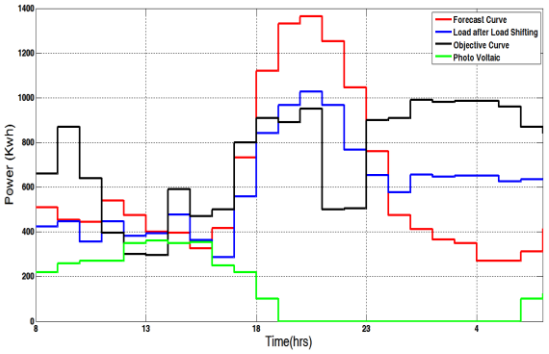
شکل (۷)مشخصات همگرایی الگوریتم پیشنهادی در بخش خانگی

۷- نتایج شبیه سازی در بخش خانگی با استفاده از سیستم فتوولتائیک

پیاده سازی سیستم مدیریت سمت تقاضا ، از ساخت زیربنای الکتریکال در بخش های ظرفیت تولید ، خطوط انتقال ، و شبکه های توزیع اجتناب می شود. ساخت نیروگاهها متوقف می شوند که از مزایای مدیریت سمت تقاضا می باشد همچون نتایج تقاضای کاهش پیک بار درصرفه جوئی هزینه قابل توجهی

است مادامیکه هزینه تولید گران است که نوعا توان تولیدی در مدت تقاضای پیک طولانی نمی باشد . وقتی تقاضای بار پیک سیستم کاهش یابد هزینه عملکرد ژنراتورها به طور قابل ملاحظه ای کاهش خواهد یافت .نتیجه آن افزایش ظرفیت تولید رزرودر سیستم می باشد.استفاده از نیروگاههای فتوولتائیک در شبکه هوشمند با برنامه ریزی تولیدانجام می گیرد.[۱۲]

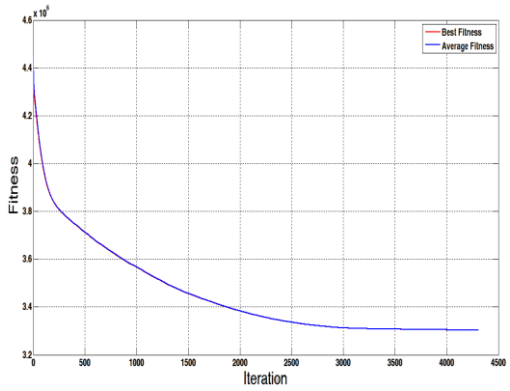
نتایج شبیه سازی با استفاده از الگوریتم پیشنهادی در بخش مشترکین بخش خانگی که از سیستم فتوولتائیک در آن استفاده شده است در شکل (۸) ارئه شده است. در این حالت هزینه انرژی تولید شده سیستم فتوولتائیک ۳۰Ct/Kwh برآورد شده است و همچنین میزان تولیدانرژی حاصل ازسیستم فتوولتائیک از ساعت ۷ صبح الی ۱۹ بعدازظهرمدنظر می باشد.البته میزان تولید انرژی الکتریکی از سیستم فتوولتائیک در ساعات مختلف روز متفاوت است که به دلیل تغییر وضعیت آب و هوایی و تابش خورشید می باشد که در شکل (۸) نمودار آن مشخص شده است .



شکل (۸)نتایج شبیه سازی با استفاده از سیستم فتوولتائیک در بخش خانگی

همانطوریکه در شکل (۸) مشاهده می گردد استفاده از روش انتقال بار که در الگوریتم ابتکاری پیشنهاد شده به خوبی انجام گرفته است و هزینه انرژی در بخش خانگی با بکارگیری سیستم فتوولتائیک و استفاده از استراتژی مدیریت سمت تقاضا برای هرشبانه روز از ۳۲۷۱/۹ دلار به ۲۶۴۸/۶ دلار کاهش یافته که در نتیجه حدود ۱۹ درصد هزینه انرژی کاهش یافته است .

در شکل (۹) مشخصات همگرایی الگوریتم پیشنهادی با استفاده از سیستم فتوولتائیک با فرض جمعیت اولیه ی ۵۰۰ ، نرخ برش ۰/۹ ، نرخ جهش ۰/۱ وپس از ۴۴۰۰ تکرار تابع برازندگی به همگرایی مطلوب رسیده است.



شکل (۹)مشخصات همگرایی الگوریتم پیشنهادی با استفاده از سیستم فتوولتائیک در بخش خانگی

۸- نتیجه گیری

مدیریت سمت تقاضا فوایدی را ایجاد می کند که نه تنها برای مصرف کنندگان بلکه برای تجهیزات الکتریکی سودمند است .یکی از مزیت های اصلی کاهش تقاضاهای پیک بار است .جدول (۴-۵) تقاضاهای پیک بار را برای مشترکین بخش خانگی در حالتهای با و بدون مدیریت سمت تقاضا نشان می دهد.

جدول(۳) کاهش تقاضای پیک بار

نوع بار	پیک بار بدون DSM (Kwh/Day)	پیک بار با DSM (Kwh/Day)	کاهش پیک بار (Kwh/Day)	درصد کاهش پیک بار ٪
خانگی	1363.6	1028.5	335.1	24.6

در جدول (۳) مشاهده می شود استراتژی سمت تقاضا مطرح شده تقاضای پیک بار در بخش مشترکین خانگی را کاهش می دهد .کاهش تقاضای پیک بارپایداری شبکه را با کاهش هزینه انرژی و سطوح آلودگی کربن بهبود می بخشد.علاوه بر این ، این امر ، از ساخت زیربنای الکتریکال در بخش های ظرفیت تولید ، خطوط انتقال ، و شبکه های توزیع اجتناب می شود .وقتی تقاضای بار پیک سیستم کاهش یابد هزینه عملکردی ژنراتورها

به طور قابل ملاحظه ای کاهش خواهد یافت درنتیجه موجب افزایش ظرفیت تولید رزرودر سیستم قدرت خواهد شد .

جدول(۴) کاهش هزینه انرژی الکتریکی بدون استفاده از سیستم فتوولتائیک

نوع بار	هزینه انرژی بدون DSM ($/Day)	هزینه انرژی با DSM ($/Day)	درصد کاهش هزینه انرژی %
خانگی	2303	2204	4.3

همچنین در جدول (۵) اثرات بکارگیری سیستم مدیریت سمت تقاضا برروی هزینه انرژی الکتریکی با استفاده از سیستم فتوولتائیک از ساعت ۷ صبح الی ۱۹ بعدازظهر در بخش مشترکین خانگی ارائه شده است. به طور معمول نتایج مدیریت سمت تقاضا وقتی تعداد وسایل قابل دسترس برای کنترل بار افزایش داشته است بهتر می باشد .

جدول(۵) کاهش هزینه انرژی الکتریکی با استفاده از سیستم فتوولتائیک

نوع بار	هزینه انرژی بدون DSM ($/Day)	هزینه انرژی با DSM ($/Day)	درصد کاهش هزینه انرژی %
خانگی	3271.9	2648.6	19

مراجع:

[1] Q. Li and M. Zhou, "*The future-oriented grid-smart grid*," J. Comput.,vol. 6, no. 1, pp. 98–105, 2011

[2] S. Rahman and Rinaldy, "*An efficient load model for analyzing demand side management impacts*," IEEE Trans. Power Syst., vol. 8, no.

[3] K.-H. Ng and G. B. Sheblé, "*Direct load control-A profit-based load management using linear programming*," IEEE Trans. Power Syst., vol.13, no. 2, pp. 688–694, May 1998.

[4] Y. Y. Hsu and C. C. Su, "*Dispatch of direct load control using dynamic programming*," IEEE Trans. Power Syst., vol. 6, no. 3, pp. 1056–1061,Aug. 1991.

[5] T. Logenthiran, D. Srinivasan, and A.M. Khambadkone, "*Multi-agent system for energy resource scheduling of integratedmicrogrids in a distributed system*," Electr. Power Syst. Res., vol. 81, no. 1, pp. 138–148,2011.

[6] L. Yao, W. C. Chang, and R. L. Yen, "*An iterative deepening genetic algorithm for scheduling of direct load control*," IEEE Trans. Power Syst., vol. 20, no. 3, pp. 1414–1421, Aug. 2005.

[7] غلامرضایوسفی،"*مبانی اقتصادی سیستمهای قدرت*" ،انتشارات مرجان علم ، پاییز ۱۳۸۶.

[8] IEA, "*Strategic plan for the iea demand-side management program*" 2004-2009, www.iea.org.]5

[9] I. K. Maharjan, "*Demand Side Management*": Load Management, Load Profiling, Load Shifting, Residential and Industrial Consumer, Energy Audit, Reliability, Urban, Semi-Urban and Rural Setting. Saarbrücken, Germany: LAP (Lambert Acad. Publ.), 2010.

[10] C. W. Gellings, "*Demand-Side Management*": Concepts and Methods.Liburn, GA: Fairmont, 1988.

[11] Thillainathan Logenthiran, Student Member, IEEE, Dipti Srinivasan, Senior Member, IEEE, and Tan Zong Shun "*Demand Side Management in Smart Grid Using Heuristic Optimization*, " IEEE Transactions On Smart Grid, Vol. 3, NO. 3, September 2012

[12] L. Yao, W. C. Chang, and R. L. Yen, "*An iterative deepening genetic algorithm for scheduling of direct load control*," IEEE Trans. Power Syst., vol. 20, no. 3, pp. 1414–1421, Aug. 2005.