بهار ۱۴۰۲
سال دوازدهم
شماره سی و نهم

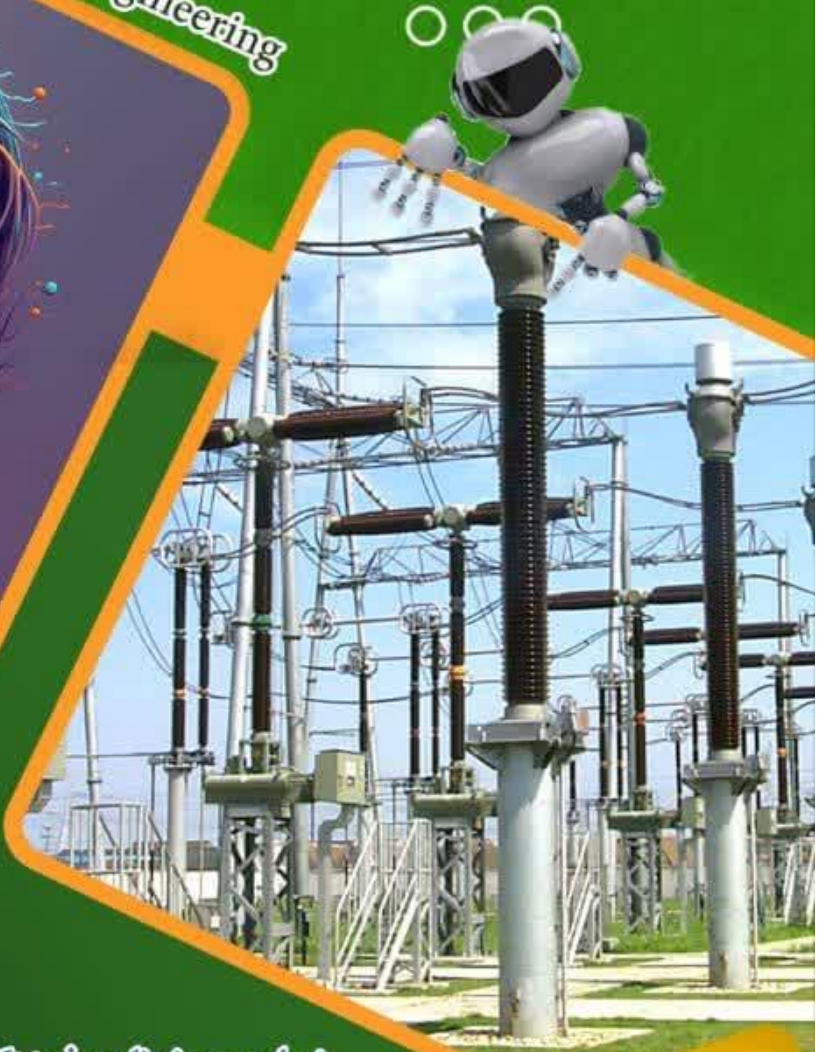
کهربا

فصلنامه تخصصی مهندسی برق و کامپیوتر

۱-برنامه ریزی و اجرای برنامه های مدیریت سمت تقاضا در شرکت توزیع نیروی برق شیراز (TOU)
۲- مدلسازی بهینهٔ برنامهٔ پاسخگویی بار زمان استفاده و مسئلهٔ توزیع بار اقتصادی هزینه آلودگی دینامیک (DEED)
۳- تشخیص گلوکز خاص با طیف سنجی رامان بر اساس فیبرکریستال فوتونی
۴- بیو سنسور فیبر کریستال فوتونی سطحی پلاسمون برای نظارت بر گلوکز
۵- تعیین عملی پتانسیل تولید برق از زائدات پوست پسته
۶- تعیین بهترین شبکه MLP برای تخمین توابع ریاضی

Journal of Electrical and Computer Engineering





kahrobaonline.ir

ISSN :2322-3723

شماره مجوز وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی ۷۷۸۲۱

سال دوازدهم
شماره سی‌و نهم
بهار ۱۴۰۲



صاحب‌امتیاز

سایت نواندیشان

مدیرمسئول

مهدی عارف خیابانی

سردبیر

امین شیخ نجدی

هیئت تحریریه

دکتر امیرحسین رحمانی – دکترای برق قدرت- استاددانشگاه‌های جندی شاپور دزفول و آزاد اسلامی‌واحد درفول

دکتر ملیحه نیک سیرت- دکترای علوم کامپیوتر- استادیار دانشگاه صنعتی بیرجند

دکتر محمد دوستی زاده- دکترای برق، قدرت- استاد دانشگاه آزاد اسلامی‌خرم آباد

دکتر علویه میرفتح الهی- دکترای علوم اعصاب گرایش هوش مصنوعی- دانشگاه علم و صنعت ایران

مهندس امین شیخ نجدی-کارشناسی ارشد برق الکترونیک- استادیار مدعو گروه الکترونیک دانشگاه‌های شهدا اهواز، جندی شاپور دزفول، عصاریان دزفول و آزاد اسلامی‌واحد دزفول

دکتر موسی مجرد- دکترای کامپیوتر-نرم افزار – هیئت علمی‌دانشگاه فیروزآباد، رئیس دانشگاه آزاد اسلامی‌فراشبند

مهندس محمدحسین دوست محمدی- کارشناسی ارشد برق الکترونیک – هیئت علمی(مربی) دانشگاه صنعتی همدان

مهندس علی کمالی- کارشناس ارشد برق قدرت – کارشناس ارشد پژوهشکده خودرو محیط زیست دانشگاه تهران

مهندس آزاد رحیمی- کارشناسی ارشد برق قدرت- هیئت علمی(مربی) و مدیرگروه دانشگاه فنی و حرفه‌ای سنندج

درباره کهربا	۳
یادداشت مدیرمسئول	۴
آشنایی با مشاهیر	
دکتر بابک حسیبی	۵
مقالات	
برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌های مدیریت سمت تقاضا در شرکت توزیع نیروی برق شیراز زهرا شریفی، دفتر مدیریت شرکت توزیع نیروی برق شیراز	۶
بیوسنسور فیبر کریستال فوتونی سطحی پلاسمون برای نظارت بر گلوکز مهران کریمیان ریزی، کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی مریم فریور، کارشناسی ارشد مهندسی برق الکترونیک	۱۱
تعیین عملی پتانسیل تولید برق از زائدات پوسته سبز پسته علی نظری، وزارت نیرو، سازمان انرژی‌های نو ایران)سانا(اکبر شعبانی‌کیا، وزارت نیرو، سازمان انرژی‌های نو ایران)سانا(	۱۴
تعیین بهترین شبکه MLP برای تخمین توابع ریاضی امین شیخ نجدی محمدحسین رضوانی	۲۰
تشخیص گلوکز خاص با طیف‌سنجی رامان بر اساس فیبر کریستال فوتونی مهران کریمیان ریزی، کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی مریم فریور، کارشناسی ارشد مهندسی برق الکترونیک	۲۵
مدلسازی بهینه برنامه پاسخگویی بار زمان استفاده (TOU) و مسئله توزیخ بار اقتصادی هزینه آلودگی دینامیک (DEED) احسان ده نوی، دانشکده فنی و مهندی دانشگاه رازی حمدی عبدی، دانشکده فنی و مهندی دانشگاه رازی فرید محمدی، دانشکده فنی و مهندی دانشگاه رازی	۳۱
ارتباط با کهربا	۴۰

درباره کهربا

مجله الکترونیکی کهربا، با همت و تلاش جمعی از دانشجویان و مهندسین برق، بخصوص اعضای انجمن علمی‌و پژوهشی نواندیشان، در سال هزار و سیصد و نود شروع به کارکرد. کهربا از سال ۹۱ با کسب شماره بین‌المللی استاندارد مجلات (ISSN:۲۳۲۲-۳۷۲۳) و ثبت در سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران، به‌عنوان فصلنامه‌ای رسمی‌و تخصصی در حوزه صنعت برق شناخته‌شده است. این نشریه تخصصی در سال ۹۵ موفق به اخذ پروانه انتشار از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، با مجوز شماره ۷۷۸۲۱ و ثبت در سامانه جامع رسانه‌های کشور(**e-rasaneh**) و بانک اطلاعات نشریات کشور(**magiran**) گردید. در سال ۹۷ طی تفاهم‌نامه‌ای با بانک مقالات کشور (سیویلیکا) مورد حمایت این پایگاه قرارگرفته و مقالات ارائه‌شده به نشریه پس از انتشار در سیویلیکا نمایه شده و در نظام رتبه‌بندی دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند.

یادداشت مدیرمسئول

در دوازدهمین بهار از فعالیت نشریه کهربا و پس از انتشار سی‌و هشت شماره از مجله مفتخریم با انتشار سی‌ونهمین شماره از این نشریه در خدمت علاقه‌مندان این مجله تخصصی باشیم. تلاش ما از روز نخست، جمع‌آوری، تهیه و ارائه مطالبی ساده و کاربردی، درعین‌حال تخصصی، به قشر فرهیخته دانش‌پژوه و کسانی که مشتاق به دانستن علوم مهندسی برق و الکترونیک یا کامپیوتر هستند، بوده است. امید است با هدایت و راهنمایی شما هر شماره بهتر و پخته‌تر از شماره پیشین گردد. امید است که باهمت و همیاری دوستان بتوانیم قدمی‌هرچند کوچک، جهت جلب رضایت و بالا بردن سطح دانش شما برداریم؛ و روزبه‌روز شاهد پیشرفت و موفقیت‌های شما عزیزان باشیم.

آشنایی با مشاهیر

دکتر بابک حسیبی



بابک حسیبی استاد دانشگاه و مهندس برق ایرانی آمریکایی است در زمینه نظریه مخابرات، نظریه اطلاعات، پردازش سیگنال و نظریه کنترل که هم اکنون استاد کرسی بایندر/امگن و رئیس سابق دانشکده مهندسی برق موسسه فناوری کالیفرنیا است. او از برندگان جایزه ریاست جمهوری اوایل فعالیت برای دانشمندان و مهندسین در سال ۲۰۰۳ است. او نوه کاظم حسیبی، از رهبران جبهه ملی و مشاور نفت محمد مصدق نخست وزیر سابق است.

بابک حسیبی (زاده تهران ایران) در زمینه نظریه مخابرات، نظریه اطلاعات، پردازش سیگنال، و نظریه کنترل که هم‌اکنون استاد کرسی بایندر/امگن و رئیس سابق دانشکده مهندسی برق مؤسسه فناوری کالیفرنیا است.

حسیبی لیسانس خود را در ۱۹۸۹ از دانشگاه تهران و فوق لیسانس و دکترای خود را به سرپرستی تامس کیلات از دانشگاه استنفورد در ۱۹۹۳ و ۱۹۹۶ دریافت کرد.

او از برندگان جایزه ریاست جمهوری اوایل فعالیت برای دانشمندان و مهندسین در سال ۲۰۰۳ است. او نوه کاظم حسیبی، از رهبران جبهه ملی ایران و مشاور نفت محمد مصدق نخست‌وزیر سابق ایران است.

www.kahrobaonline.ir

KNO-1001-3901

برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌های مدیریت سمت تقاضا در شرکت توزیع نیروی برق شیراز

زهرا شریفی sharifi@shirazedc.co.ir

دفتر مدیریت مصرف شرکت توزیع نیروی برق شیراز

چکیده - مدیریت سمت تقاضا در سال‌های اخیر به بخشی جدایی ناپذیر از صنعت برق مبدل شده است. برنامه‌های DSM (Demand Side Management) جهت تشویق مشترکین با تعرفه‌های مختلف طرح ریزی می‌شوند تا الگوی مصرف برق، زمان استفاده از آن و همچنین میزان دیماند مورد استفاده خود را بهینه سازی نمایند. برنامه ریزی و اجرای استراتژی مدیریت سمت تقاضا جهت مشترکین کشاورزی و صنعتی در شرکت توزیع نیروی برق شیراز انجام میگیرد. در این مقاله به چگونگی اجرای این برنامه‌ها و تاثیر آن بر روی منحنی بار روزانه شرکت و همچنین خود مشترک بررسی می‌گردد.

مدیریت سمت تقاضا؛ پاسخگویی بار؛ *DSM*[۱]

۱- مقدمه

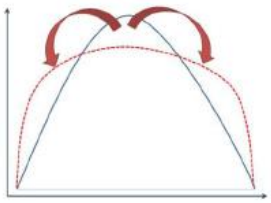
مدیریت سمت تقاضا راهکاری اساسی برای کنترل بار در ساعات پیک می‌باشد. در سال‌های اخیر و با رشد بار در سراسر کشور، سیاست گذاران صنعت برق مدیریت سمت تقاضا را به عنوان گزینه ای برای سرمایه گذاری در ساعات پیک بار به شرکت‌های توزیع برق ابلاغ نموده اند. مدیریت سمت تقاضا راه حلی اساسی برای مدیریت بار در زمان اوج می‌باشد.

شرکت‌های برق در سراسر دنیا تمایل زیادی به اجرای استراتژی‌های DSM(Demand Side Management) دارند زیرا که می‌تواند به ساده سازی عملکرد سیستم‌های الکتریکی کمک نماید[۳، ۲، ۱]. در[۴] تاثیر استراتژی‌های DSM را بر روی شبکه الکتریکی که شامل مقادیر بالای انرژی‌های تجدید پذیر می‌باشد را نشان میدهد. در [۵] ابزار شبیه سازی معرفی شده که با استفاده از آن تاثیر DSMدر نقاط مختلف شبکه توزیع ارزیابی می‌شود. ارزیابی سیاست‌های مدیریت سمت تقاضا بر صرفه جویی مصرف انرژی در [۸] مطرح میشود. برنامه‌های پاسخگویی بار به دو دسته اصلی زمان محور و تشویق محور تقسیم می‌شوند [۹]. برنامه‌های زمان محور شامل قیمت گذاری زمان استفاده (TOU)، قیمت گذاری به هنگام (RTP)، قیمت گذاری زمان پیک (CPP) و قیمت گذاری پلکانی می‌باشند [۱۰]. برنامه‌های تشویق محور شامل کنترل مستقیم بار، کاهش یا قطع بار، باز فروش دیماند و برنامه‌های پاسخگویی بار اضطراری می‌باشند [۱۱]. این مقاله اثرات اجرای برنامه‌های DSM را بر روی منحنی بار روزانه شرکت توزیع برق شیراز نشان میدهد. مهم ترین بخش در اجرای برنامه‌های DSM، مشخص نمودن هدف و طراحی برنامه عملیاتی می‌باشد. بخش دوم این مقاله به بیان چگونگی برنامه ریزی و انتخاب مشترکین هدف در اجرای طرح‌های پاسخگویی بار می‌پردازد و در بخش سوم تاثیر اجرای این برنامه‌ها بر روی منحنی بار شرکت بررسی شده است.

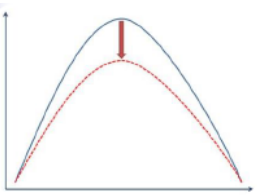
۲- برنامه‌ریزی و اجرای مدیریت سمت تقا ضا در شرکت توزیع نیروی برق شیراز

با استفاده از روش‌های مدیریت سمت تقاضا تغییر پروفیل بار و همچنین تغییر شکل منحنی بار امکان پذیر می‌شود. رایج ترین تکنیک‌هایی که با توجه به ساختار شبکه و نحوه عملکرد سیستم توزیع سنتی مورد استفاده می‌باشد، جابجایی بار (Load Shifting)

و یا قطع بار در زمان پیک (Peak Clipping) می‌باشد. شکل‌های شماره ۱ و ۲ این استراتژی‌ها را نشان می‌دهد.



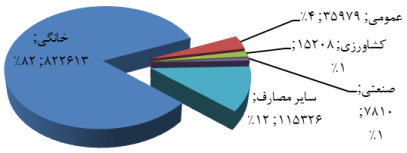
شکل ۱: منحنی بار و اجرای برنامه Load Shifting



شکل ۲: منحنی بار و اجرای برنامه Peak Clipping

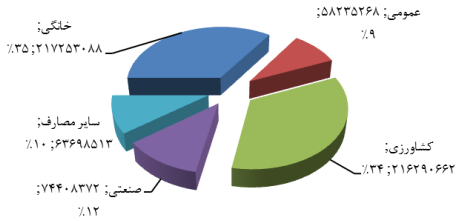
اولین اقدام در زمان برنامه ریزی استراتژی مدیریت سمت تقاضا در بازه‌های پیک بار، بررسی پراکندگی مشترکین و میزان مشارکت آنها در مصرف انرژی جهت پتانسیل سنجی اثرات همکاری آنها بر منحنی بار می‌باشد. شکل شماره ۳ پراکندگی مشترکین به تفکیک انواع تعرفه و شکل شماره ۴ مصرف آنها را در شرکت توزیع نیروی برق شیراز نشان می‌دهند.

پراکندگی مشترکین به تفکیک انواع تعرفه در شرکت توزیع نیروی برق شیراز



شکل ۳: پراکندگی مشترکین به تفکیک انواع تعرفه

مصرف مشترکین به تفکیک انواع تعرفه در شرکت توزیع نیروی برق شیراز

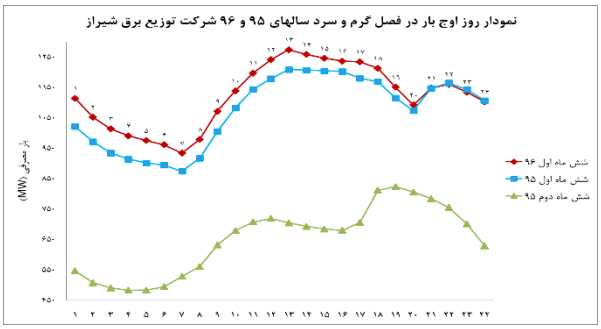


شکل ۴: میزان مصرف مشترکین به تفکیک انواع تعرفه

همان گونه که از نمودار مصرف مشترکین شرکت توزیع برق شیراز مشخص است، بیشترین پتانسیل در اجرای برنامه‌های DSM با توجه به مصرف مشترکین، در بخش‌های خانگی، کشاورزی و صنعتی می‌باشد.

برنامه‌های پاسخگویی بار قابل اجرا در بخش خانگی شامل کنترل مستقیم بار(Direct Load Control)، قیمت گذاری زمان استفاده (TOU=Time Of Use) و کاهش/قطع بار (Interruptible/Curtailable)می‌باشد. اجرای روش‌های کنترل مستقیم و کاهش/قطع بار به دلیل کمبود زیر ساخت‌های لازم امکان پذیر نیست و ساده ترین روش دراجرا و برنامه ریزی TOU می‌باشد که با نصب سامانه اندازه گیری هوشمند و با اطلاع رسانی به مشترک از طریق سامانه‌های پیامکی و یا تلفنی امکان پذیر می‌باشد. اجرای برنامه‌های DSM در بخش خانگی به دلیل پراکندگی مشترکین و هزینه بر بودن این روش در حال حاضر عملی نمی‌باشد. بنابراین با توجه به پتانسیل بالای بخش کشاورزی و صنعتی برای شرکت در برنامه‌های DSM و سهم بالای این دو بخش در مصرف انرژی، برنامه ریزی لازم در شرکت توزیع برق شیراز جهت جلب مشارکت مشترکین کشاورزی و صنعتی انجام پذیرفت.

دومین قدم در برنامه ریزی استراتژی مدیریت سمت تقاضا در بازه‌های پیک بار، بررسی و مطالعه رفتار بار مصرفی می‌باشد. الگوی مصرف مشترکین با تغییر فصول سال متغیر می‌باشد. در سال‌های اخیر پیک بار در فصل تابستان از ساعات اولیه شب، به نیمه روز منتقل شده است. شکل شماره ۵ رفتار بار مصرفی شرکت توزیع نیروی برق شیراز را برای روز اوج بار فصل تابستان در سالهای ۹۵ و ۹۶ و همچنین فصل سرد ۹۵ را نشان می‌دهد.



شکل۵: نمودار روز اوج بار در فصل گرم و سرد سال‌های ۹۵ و ۹۶

بررسی نمودار بار نشان میدهد که بهترین زمان برنامه ریزی برای اجرای برنامه‌های DSM در فصل گرم و در ساعات ۱۲ الی ۱۷

می‌باشد، بنابراین این برنامه‌ها برای این ساعات تدوین و اجرایی گردید.

۲,۱- بکارگیری تکنیک‌های مدیریت سمت تقاضا برای مشترکین کشاورزی

بررسی سهم مصرف مشترکین با تعرفه‌های مختلف در توزیع برق شیراز نشان میدهد بخش کشاورزی بعد از بخش خانگی و با اختصاص ۳۴٪ از کل مصرف انرژی مشترکین توزیع برق شیراز، بیشترین مصرف را به خود اختصاص می‌دهد. نرخ تعرفه ارزان، استفاده از پمپ‌های با بازده پایین و بسیاری از عوامل باعث تلفات آب و انرژی برق زیادی در این بخش می‌شود. با توجه به ماهیت مصرف انرژی در مشترکین کشاورزی، امکان کنترل و مدیریت بار کشاورزی امکان پذیر می‌باشد. مدیریت سمت تقاضا در کشاورزی شامل فعالیت‌ها، روش‌ها، آگاهی‌ها و سیاستهایی است که بر رفتار مصرفی و الگوی مصرف کشاورزان تاثیر می‌گذارد.

تاثیر استفاده از کنتورهای هوشمند جهت کنترل بار در پیک و تاثیر آن بر منحنی بار مشترکین

اختصاص بیشترین سهم از مصرف انرژی بعد از مشترکین خانگی نشان دهنده پتانسیل بالای بخش کشاورزی برای همکاری در برنامه‌های DSM می‌باشد. در سال‌های اخیر و در راستای عملیاتی نمودن این برنامه‌ها، دو روش جهت مدیریت مشترکین کشاورزی اجرا شده است. اولین روش استفاده از کنتورهای هوشمند با قابلیت برنامه ریزی و قطع در زمان پیک بار ودومین روش قطع مستقیم فیدرهای کاملا کشاورزی با استفاده از سکسیونرهای اتوماسیون می‌باشد.

در راستای کنترل مستقیم بار مشترکین کشاورزی در سال‌های اخیر تعدادی بالغ بر ۴۰۰۰ کنتور کشاورزی با کنتورهای هوشمند جایگزین شده‌اند. با بررسی منحنی بار و تعیین زمان بحرانی بار در شرکت توزیع شیراز تعدادی از این کنتورها برای بازه زمانی اوج بار روز یعنی از ساعت ۱۲ الی ۱۶ و تعدادی از ۱۳ الی ۱۷ و دسته سوم برای ساعات اوج بار شب یعن از ساعت ۱۹ الی۲۳ تنظیم شده اند. با استفاده از این لوازم اندازه گیری هوشمند امکان جابجایی منحنی بار در ساعات تنظیم شده به ترتیب برابر با ۷۰، ۵ و ۲۰ مگاوات فراهم گردید.

شکل شماره ۶ منحنی مصرف کنتورهای تنظیم شده در ساعات ۱۳ الی ۱۷ را برای یک روز نمونه نشان می‌دهد. همانطور که از شکل مشخص است منحنی بار در ساعات ۱۳ الی ۱۷ افت شدیدی دارد.



شکل ۶: منحنی بار مشترکین کشاورزی تنظیم شده در ساعات ۱۳ الی ۱۷

استفاده از قطع کننده برای فیدرهای کاملا کشاورزی

با مطالعه و بررسی فیدرهای کاملا کشاورزی که کنتورهای موجود آن از نوع هوشمند نبوده و یا کنتورهای نصب شده به علت دستکاری و... قابل استفاده نبودند، تعدادی فیدر با اولویت بار مصرفی بیشتر جهت نصب سکسیونرهای اتوماسیون قابل قطع از راه دور انتخاب شدند. در مرحله اول تعداد ۶ عدد سکسیونر خریداری و بر روی فیدرهای منتخب نصب گردید. تا در صورت موفقیت طرح در سالهای آتی تعداد سکسیونرهای بیشتری جهت کنترل بار نصب گردند. ساعت قطع با ملاحظه منحنی بار از ساعت ۱۲ الی ۱۶ در نظر گرفته شد. فرمان قطع سکسیونر از ساعت ۱۲ اجرا می‌شود و ساعت ۱۶ مجدد در مدار قرار میگیرد. جدول شماره ۱ برنامه قطع سکسیونرها را برای یک روز مشخص نشان می‌دهد.

جدول ۱: برنامه قطع سکسیونرهای فشار متوسط

ردیف	نام شرکت توزیع	نام منطقه یا امور برق	نام شهرستان	نام پست فوق توزیع	کلید کنترل از راه دور	مجموع میزان قطعی شده قطعی از مدیریت بار اعلامی توسط واحدهای بالادستی در بازه زمانی گزارش: مدیریت بار اعمال شده از طریق فیدرهای کشاورزی (مگاوات)	زمان قطع	زمان وصل	آمپر قطع	تاریخ
1	شیراز	مرودشت	مرودشت	تخت جمشید	√	1,323	11:57	16:00	45	۰۷/۰۴/
2	شیراز	مرودشت	مرودشت	کمربندی	√	1,765	12:00	16:00	60	۰۷/۰۴/
3	شیراز	مرودشت	مرودشت	تخت جمشید	√	1,706	11:58	16:00	58	۰۷/۰۴/
4	شیراز	مرودشت	مرودشت	تخت جمشید	√	1,471	11:59	16:01	50	۰۷/۰۴/
5	شیراز	مرودشت	مرودشت	تخت جمشید	√	1,529	12:37	16:00	52	۰۷/۰۴/
6	شیراز	مرودشت	مرودشت	تخت جمشید	√	1,500	12:01	16:01	51	۰۷/۰۴/

شکل شماره ۷ منحنی بار یک فیدر نمونه را در طول ۲۴ ساعت نشان می‌دهد. بار این فیدر از ساعت ۱۲ ظهر قطع شده و در ساعت ۱۶ مجددا فرمان وصل سکسیونر اجرا می‌گردد.



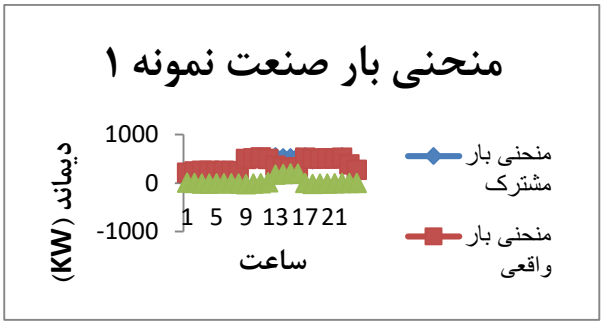
شکل ۷: منحنی بار ۲۴ ساعته فیدر نمونه کشاورزی

برای این روز نمونه با قطع ۶ عدد فیدر کشاورزی برای مدت ۴ ساعت میزان ۹,۳ مگاوات کاهش بار در ساعات ۱۲ الی ۱۶ اتفاق افتاده است.

۲,۲- بکارگیری تکنیک‌های مدیریت سمت تقاضا برای مشترکین صنعتی

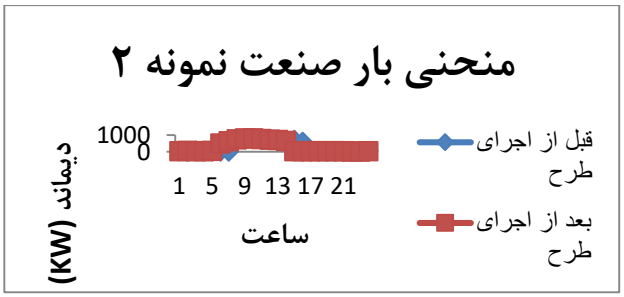
مشترکین صنعتی با در نظر گرفتن پتانسیل و عملکردشان انعطاف بیشتری نسبت به مشترکین سایر تعرفه‌ها برای شرکت در برنامه‌های پاسخگویی بار دارند. هزینه برق مصرفی مشترکین صنعتی طبق تعرفه‌های اعلام شده از سمت وزارت نیرو متناسب با زمان استفاده از برق تعیین می‌شود. قیمت برق در ساعات اوج بار۴ برابر قیمت آن در زمان کم باری و دو برابر قیمت آن در زمان میان باری می‌باشد. بنابراین مشترکین صنعتی با جابجایی بار از ساعات اوج به زمان‌های بی‌باری و یا کم باری می‌توانند علاوه بر همکاری در برنامه‌های پاسخگویی بار و دریافت مشوق‌های مالی، میزان قابل توجهی در قبض برق مصرفی خود صرفه جویی نمایند. همکاری مشترکین در برنامه‌های پاسخگویی بار در زمان اوج بار شامل برنامه‌های تشویق محوری است که سالانه از طریق مراجع بالاتر به شرکت‌های توزیع ابلاغ می‌گردد. این برنامه‌ها شامل کاهش/قطع بار در زمان اوج بار و طرح ذخیره عملیاتی (برنامه پاسخگویی بار اضطراری) می‌باشد. مشترک صنعتی با در نظر گرفتن امکانات و قابلیت‌های خود و ماهیت تولید می‌تواند در هر یک از طرح‌های فوق مشارکت کند.

جهت بررسی اثرات اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار بر منحنی بار مشترک، دو صنعت نمونه شرکت کننده در طرح‌ها در نظر گرفته شده است. صنعت نمونه شماره ۱ در برنامه کاهش بار در ساعات پیک مشارکت نموده است. طبق قرارداد در ساعات ۱۲ الی ۱۷ کاهش بار به میزان ۲۰۰ کیلووات اتفاق افتاده است. شکل شماره ۸ منحنی بار مشترک را در زمان همکاری و در صورت عدم همکاری و همچنین میزان کاهش بار را نشان می‌دهد.



شکل ۸: منحنی بار صنعت نمونه ۱ در زمان همکاری در طرح

صنعت نمونه شماره ۲ با جابجایی ساعات کار از ساعت ۸ الی ۱۶ به ۶ الی ۱۴ و قطع بار بعد از ساعت ۱۴در برنامه پاسخگویی بار شرکت نموده است. شکل شماره ۹ منحنی بار مشترک را در زمان اجرای برنامه و در صورت عدم اجرای آن نشان می‌دهد.



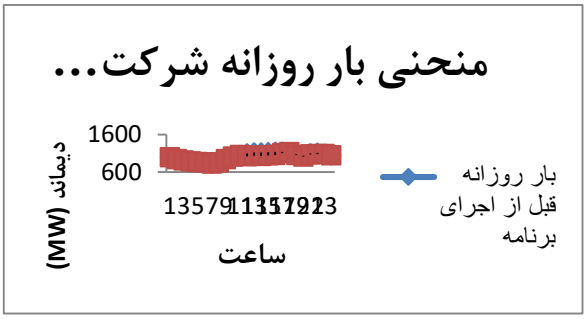
شکل ۹: منحنی بار روزانه صنعت نمونه ۲ در زمان همکاری در طرح

همانطور که از شکل مشخص است منحنی بار روزانه این صنعت به میزان دو ساعت درزمان پیک به زمان غیر پیک جابجا شده است. استفاده از انرژی در زمان کم باری به جای زمان اوج بار علاوه بر دریافت مشوق‌های مالی، صرفه جویی در قبض برق مشترک را نیز به دنبال خواهد داشت.

۳- تاثیر اجرای برنامه‌های مدیریت سمت تقا ضا روی منحنی بار روزانه شـــرکت توزیع نیروی برق شیراز

یکی از اهداف اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار جابجایی منحنی بار یا تغییر شکل آن می‌باشد. در این قسمت به اثرات اجرای این برنامه‌ها بر منحنی بار روزانه شرکت بررسی شده است. جهت انجام این کار بار یک روز نمونه در نظر گرفته ومیزان همکاری مشترکین

کشاورزی و صنعتی در این روز نمونه اندازه گیری شده است. نمودار بار برای دو حالت اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار و عدم اجرای آن ترسیم شده است. شکل شماره ۱۰ این نمودار را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰: منحنی بار روزانه توزیع برق شیراز در زمان اجرای برنامه‌های DSM

همانگونه که از نمودار مشخص است در ساعات اوج بار روز و به دلیل اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار، منحنی به میزان تقریبی ۱۰۰ مگاوات جابجایی داشته است. برای ساعات اوج بار شب و به دلیل تنظیم کنتور تعدادی از مشترکین کشاورزی در این ساعات نیز به میزان ۳۰ مگاوات کاهش بار اتفاق افتاده است. بنابراین با اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار، میتوان منحنی بار را در زمان اوج بار اصلاح و جابجا نمود. در صورت کنترل بار تمام مشترکین کشاورزی و مشارکت بیشتر مشترکین صنعتی و همچنین نهادینه کردن فرهنگ بهینه سازی مصرف در میان مشترکین خانگی می‌توان به صورت قابل توجهی منحنی بار را اصلاح نمود.

۴- نتیجه‌گیری

انرژی الکتریکی یکی از اصلی ترین نیازهای زندگی امروزه می‌باشد. رشد تقاضا برای این انرژی چالش‌های زیادی برای افزایش میزان تولید و گسترش زیر ساخت‌های انتقال و توزیع ایجاد کرده است. احداث نیروگاه و افزایش تولید تنها به دلیل گذر از چند روز پیک بار امری غیراقتصادی و غیر فنی می‌باشد. منحنی‌های تداوم بار در ۱۰۰ ساعت اولیه نشان می‌دهد تنها در ۲۰۰ ساعت از سال بیشترین مشکل از لحاظ تامین انرژی و برقراری تعادل بین تولید و مصرف برق وجود دارد. این موضوع لزوم اجرای برنامه‌های مدیریت سمت تقاضا را بیش از پیش نمایان میکند. همچنین عدم مصرف بهینه انرژی توسط مشترکین در کشور ما افق روشنی را برای اجرای تکنیک‌های مدیریت سمت تقاضا جهت افزایش بازدهی سیستم می‌گشاید. همان گونه که از نتایج بدست آمده از فعالیت‌های DSM انجام شده در توزیع شیراز مشخص است، مدیریت سمت تقاضا بهترین راه حل برای غلبه بر بحران انرژی فعلی و اصلاح منحنی بار شرکتها در زمان پیک بار می‌باشد. ذخیره انرژی در مقیاس بالا در حال حاضر امکان پذیر نیست بنابراین بایستی راه حل مناسبی جهت تولید، انتقال و توزیع انرژی به صورت همزمان وجود داشته باشد. مدیریت سمت تقاضا راه حلی قابل اعتماد برای پاسخ دهی به رشد تقاضای انرژی در آینده می‌باشد.

۵ – منابع

[1] Bayod Rújula A. Future “development of the electricity systems with distributed generation”. Energy 2009;34:377e83

[2] Infield DG, Short J, Horne C, Freris LL. “Potential for domestic dynamic demand side management in the UKIEEE”; 2007.

[3] Zarnikau J. “Demand participation in the restructured electric Reliability Council of Texas market”. Energy 2010;35:1536e43.

[4] A. Pina, C. Silva, and P. Ferao, “The impact of demand side management strategies in the penetration of renewable electricity,” Energy 41, pp. 128-1372012.

[5] V. Figueiredo1, D. Rodrigues2, Z. Vale, “Simulating DSM Impact in the New Liberalized Electricity Market,”

[6] G. Strbac., “Demand side management,” Energy policy 36(2008), 4419-4426.

[7] Jazayeri, P., Schellenberg, A., Rosehart,W.D., Doudna, J., Widergren, S., Lawrence, D., Mickey, J., Jones, S., 2005. “A survey of load control programs for price and system stability”. IEEE Transactions on Power Systems 20 (3), 1504–1509.

[۸] محمدرضا شریف آزاده، علی اصغر اسماعیل نیا، "ارزیابی سیاست‌های مدیریت تقاضا(قیمتی و غیر قیمتی) بر صرفه جویی مصرف انرژی در کشور با استفاده از مدل یکپارچه انرژی" مجله علمی و پژوهشی اقتصاد و مدیریت، شماره ۷، پاییز ۱۳۸۵.

[9] International Energy Agency Demand Side Management,"Strategic plan for the International Energy Agency demand- sidemanagement program 2004-2009,"2004, http://www.sef.org.nz/papers/IEA_DSM_Strategy_Aug04.pdf.

[10] Aalami H.A, Moghaddam M.P, and Yousefi G.R. "Demand Response model considering EDRP and TOU programs." In Proc. The Transmission and Distribution Conference and Exposition IEEE/PES. 2008. pp.1-6..

[11] Federal Energy Regulatory Commission,"Assesment of demand response and advanced metering,," Department of Energy,Washington DC, 2006, http://www.ferc.gov/legal/staff-reports/demand-response.pdf

[۱۲] روزبه باپیری، زهرا شریفی، میترا خاکسار، "پیاده سازی برنامه‌های TOU در شرکت توزیع نیروی برق شیراز"، مجموعه مقالات بیست و دومین کنفرانس شبکه‌های توزیع برق، فروردین ۹۶، سمنان، ایران

KNO-1001-3902

بیوسنسور فیبر کریستال فوتونی سطحی پلاسمون برای نظارت بر گلوکز

مهران کریمیان‌ریزی [۱] mehrankarimian97@ms.tabrozu.ac.ir
مریم فریور [۲] farivar.maryam@yahoo.com

[۱] کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی دانشگاه تبریز، ایران
[۲] مربی سازمان‌آموزش فنی‌وحرفه‌ای کشور، اصفهان، ایران

چکیده: در این مقاله، طراحی یک حسگر زیستی فیبر کریستال فوتونی پلاسمون سطحی (PCF) برای نظارت بر قند ارائه و تجزیه و تحلیل می‌شود. بر اساس PCF منطقه حالت بزرگ(LMA)، دو پیکربندی مختلف برای بررسی تأثیر فرایند اچینگ مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج عددی نشان می‌دهد که PCF پلاسمونی D شکل پس از ایجاد سه ردیف از سوراخ‌های هوا می‌تواند به حساسیت nmlRIU ۲۰۰ با وضوح مربوطه ۱,۳ ۱۰ ۱۰-۳ RIlfl برسد. تجزیه و تحلیل با استفاده از روش اجزای محدود بردار کامل (FVFEM) با شرایط مرزی لایه مطابقت کامل (PML) انجام می‌شود.

کلید واژه‌ها: کریستال فوتونی، گلوکز، بیوسنسور

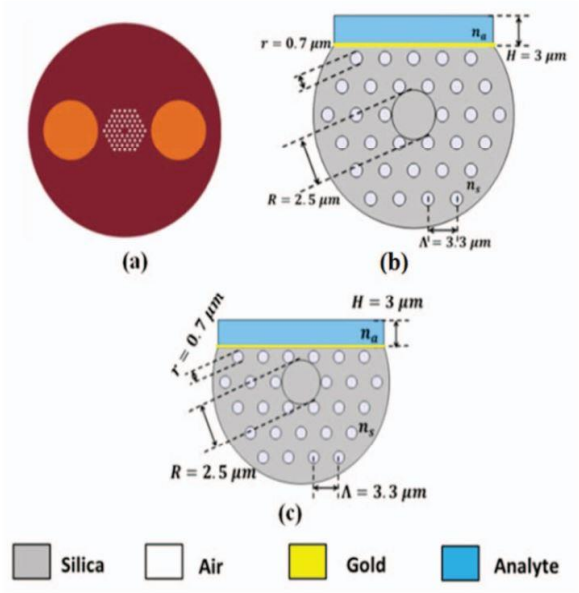
۱. مقدمه

حسگرهای زیستی نوری بر اساس رزونانس پلاسمون سطحی (SP) در دهه گذشته مورد توجه محققان قرار گرفته است. الیاف کریستال فوتونی [1] (PCF) نیز به دلیل خواص غیر معمول و کاربردهای احتمالی، موضوع تحقیقات زیادی بوده است [۲]. شین و همکاران [۳] حسگر زیستی PCF به صورت انتخابی با آنالیت با حساسیت ۴۳۵۴,۳ nmJRIU(واحد ضریب شکست) و ۲۲۸۰ nmlRIU برای دو قله تشدید گزارش شده است. علاوه بر این، یک حسگر زیستی دمای SP بسیار حساس توسط Hameed و همکاران گزارش شده است. [۴] با حساسیت بالا ۱۰ nml ° C. علاوه بر این، یک حسگر زیستی خود کالیبراسیون بر اساس SP PCF با حساسیت ۶۷۰۰ nmJRIU و ۱۰۰۰۰ nmJRIU با وضوح مربوطه ۱,۴۹ X 10.5 RIU و ۱,۰ X 10.5RIUبرای مغناطیسی شبه عرضی (TM) و شبه عرضی طراحی شده است [۵]. به ترتیب حالت‌های الکتریکی (TE) با این حال، چنین پیکربندی [۵] به سوراخ‌های هوا به شکل بیضوی بستگی دارد، که برای ساخت آن دشوار خواهد بود. اعظم و همکاران [۶] همچنین حسگرهای زیستی SP PCF چند کانالی با حساسیت بالا به ترتیب ۲۲۰۰ nmJRIU، nmJRIU۲۴۰۰ ، nmJRIU ۲۲۰۰ و nmJRIU ۲۴۰۰ با توجه به حالتهایHllX ، } HllY 'H1، Hll ارائه کرده اند. علاوه بر این، اخیراً حسگرهای زیستی کریستال فوتونی برای نظارت بر گلوکز اجرا شده اند [۷، ۸]. در این مقاله، حسگر زیستی PCF به شکل SPD ارائه شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. سنسور گزارش شده بر اساس PCFمساحت حالت بزرگ (LMA) مشهور است [۹]. سپس، فرآیند اچ برای دستیابی به حساسیت بالا با اتصال بین حالت اصلی و حالت‌های پلاسمون سطحی مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۲. توصیف سیستم و نتایج عددی

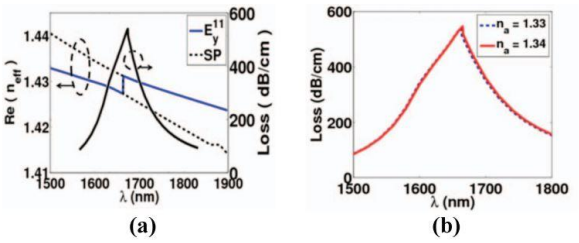
یک PCMA LMA تک حالته که در شکل ۱ (a) نشان داده شده است، برای پیاده سازی حسگر زیستی PCF SP D پیشنهادی استفاده می‌شود. PCF دارای سه حلقه سوراخ هوایی است که در یک شبکه مثلثی در زمینه سیلیس با گودال A = 3.3 J.tm، شعاع هسته R = 2.5 J.tm و شعاع سوراخ ofr = 0.7 J.tm مرتب شده‌اند. PCMA LMA برای حذف دو یا سه ردیف بیرونی به ترتیب در شکل ۱ (b) و (c) حک شده است. بعلاوه، یک لایه طلا با ضخامت ۵۰ نانومتر پس از فرایند حکاکی افقی همانطور که در شکل نشان داده شده است، روی سطح سیلیس

رسوب می‌کند! (ب) و (ج). سپس آنالیز ضریب شکست ۱,۳۳ بر روی لایه طلا اضافه می‌شود. ضریب شکست وابسته به طول موج شیشه سیلیکا از [۵] گرفته می‌شود در حالی که طلا دارای یک مجوز وابسته به طول موج است که از [۴] گرفته شده است.



شکل ۱. (الف) سطح مقطع PCF از نوع LMA-PM-5 [۹]، و طرح پیشنهادی D شکل PCF پس از حکاکی (ب) به ترتیب دو و (ج) سه ردیف سوراخ هوا.

تجزیه و تحلیل با استفاده از بسته نرم‌افزاری Comsol Multiphysics [۱۰] بر روی یک حوزه محاسباتی مربعی از ضلع ۲۶,۴ Jtm با حداقل اندازه عنصر ۰,۰۰۰۴۶۲ J.tmand درجه آزادی ۱۷۷۵۱۷ انجام می‌شود. شرایط برای کوتاه کردن دامنه محاسباتی و محاسبه تلفات محاصره از طریق طرح‌های پیشنهادی استفاده می‌شود. طرح پیشنهادی نشان داده شده در شکل ۱ (ب) مورد مطالعه قرار گرفته است و مشخص شده است که اتصال بین حالت‌های هدایت شده اصلی و حالت‌های SP به دلیل فاصله زیاد بین هسته و مواد پلاسمونی ضعیف است. بنابراین، حکاکی افقی سه ردیف همانطور که در شکل ۱ (c) نشان داده شده است مورد نیاز است. شایان ذکر است که هیچ گونه اتصال بین حالت شبه TE و حالت SP رخ نمی‌دهد. با این حال، اتصال قوی با استفاده از حالت شبه TM صورت می‌گیرد که در شکل ۲ نشان داده شده است. شکل ۲ (الف) تنوع زیانهای حبس و شاخصهای موثر در حالت شبه TM و حالت SP حسگر زیستی Dshaped پیشنهادی را نشان می‌دهد که در شکل ۱ (c) نشان داده شده است. ممکن است از این شکل مشاهده شود که اتصال قوی در λ=۱۶۶۳ نانومتر بین حالت شبه TM هسته و حالت SP رخ می‌دهد



شکل ۲. (الف) تغییر در تلفات ضربات وابسته به طول موج و شاخص‌های موثر حالت شبه TM اصلی، و neff حالتهای SP. (ب) تغییر تلفات حبس حالتهای شبه TM با طول موج در شاخصهای شکست مختلف آنالیت

با تغییر ضریب شکست آنالیت از ۱,۳۳ به ۱,۳۴، طول موج رزونانس حالت شبه TM از ۱۶۶۳ به ۱۶۶۵ نانومتر تغییر می‌کند. حساسیت طول موج از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۵]:

$$S_\lambda(\lambda) = \frac{\partial \lambda_{peak}}{\partial n_a} \qquad \left(\frac{nm}{RIU}\right) \qquad (1)$$

جایی‌که قله$\partial\lambda_{peak}$ و ∂n_a به ترتیب تغییر طول موج رزونانس و ضریب شکست آنالیت هستند. بنابراین، طرح پیشنهادی دارای حساسیت ۲۰۰ nmlRIU است. با فرض این‌که تغییر ۱ درصدی در شدت انتقال داده را می‌توان با اطمینان تشخیص داد، وضوح سنسور ۱,۳ ۱۰ ۱۰- ۳ 1-RIUرا می‌توان تشخیص داد. ممکن است توجه شود که حساسیت به دست آمده از آنچه در ادبیات [۳، ۵، ۶] که بر اساس طرح‌های پیچیده است، کوچکتر است. با این حال، حسگر زیستی پیشنهاد شده بر اساس PCF تجاری موجود است. علاوه بر این، حساسیت را می‌توان با ایجاد حکاکی شعاعی یا نفوذ به یکی از سوراخها توسط یک ماده طلا افزایش داد.

۳. نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک طراحی در مورد یک حالت تجاری تجاری LMA PCF برای پیشنهاد حسگر زیستی حساس به D برای نظارت بر گلوکز استفاده می‌شود. مشخص شده است که حک کردن ۳ ردیف سوراخ هوا برای داشتن یک اتصال خوب بین حالت‌های هدایت شده اصلی و حالت‌های پلاسمون سطحی ضروری است. طراحی پیشنهادی دارای حساسیت ۲۰۰ nmlRIU با وضوح مربوطه ۱,۳ ۱۰ ۱۰-۳ است.

مراجع

[1] M.F.O. Hameed, S.S.A. Obayya, H.A. EI-Mikati,"Highly nonlinear birefringent soft glass photonic crystal fiber with liquid crystal core", IEEE PTL, vol. 23, no.20, pp.1478-1480, 2011.

[2] M.F.O. Hameed, AM. Heikal, S.S.A. Obayya, "Novel passive polarization rotator based on spiral photonic crystal fiber," IEEE Photonics Technology Letters, vol. 25, no.16, pp.1578-1581, 2013

[3] W. Qin, S. Li, Y. Yao, X. Xin, J. Xue, "Analyte-filled core selfcalibration microstructured optical fiber based plasmonic sensor for detecting high refractive index aqueous analyte," Opt. Laser Eng., vol.۵۸ , pp. 1-8,2014.

[4] M.F.O. Hameed, M.Y. Azab, AM. Heikal, S.M. EI Hefnawy and S.S.A.Obayya, "Highly Sensitive Plasmonic Photonic Crystal Temperature Sensor Filled With Liquid Crystal", IEEE Photonics Technology Letters, vol. 28, pp.59-62, 2015.

[5] M.F.O. Hameed, Y.K.A. Alrayk and S.S.A. Obayya, "Self-Calibration Highly Sensitive Photonic Crystal Fiber Biosensor", IEEE photonics journal, vol. 8, no.3, pp. 1-12,2016.

[6] S. I. Azzam, R. Eid A Shehata, Mohamed Farhat O. Hameed, A M. Heikal, Salah S. A Obayya, "Multicharmel Photonic Crystal Fiber Surface Plasmon Resonance Based Sensor," Journal of Optical Quantum Electronics, vol. 48(2), pp.142-I-ll (2016)

[7] Nihal F. F. Areed, Mohamed Farhat. O. Hameed, and S. S. A Obayya, "Highly Sensitive Face-Shaped Label-Free Photonic Crystal Refractometer for Glucose Concentration Monitoring," Journal of Optical Quantum Electronics, vol.49 (5), pp.1-12. doi:10.1007/s11082-۹،۲۰۱۶-۰۸۴۷-۰۱۶ .

[8] M. S. Mohamed, Mohamed Farhat O. Hameed, Nihal F. F. Areed, M. M. EI-Okr, and S. S. A Obayya, "Analysis of Highly Sensitive Photonic Crystal Biosensor for Glucose Monitoring," Journal of Applied Computational Electromagnetics Society (ACES), vol. 31, No.7, pp.۸۳۶ - 842, 2016

[9] http://www.nktphotonics.com [COMSOL Multiphysics,..http://www.comsol.com...

KNO-1001-3903

تعیین عملی پتانسیل تولید برق از زائدات پوست سبز پسته

علی نظری، اکبر شعبانی‌کیا
وزارت نیرو، سازمان انرژیهای نو ایران (سانا)
amt274@yahoo.com

چکیده: سالانه صدها هزار تن زائدات پوست سبز پسته در کشور تولید می شود که حاوی مقداری قارچ افلاتوکسین است. رها سازی این زائدات، پراکندگی این قارچ در مناطق کشت پسته را به دنبال خواهد داشت، این عمل باعث خواهد شد که هر ساله گونه‌های مقاوم‌تری از این قارچ بوجود آید و صنعت پستهٔ کشور که درصد قابل توجهی از صادرات غیر نفتی را به خود اختصاص می دهد، آسیب ببیند.

وجود مقدار زیادی از این زائدات و مشکلات فراوان ناشی از رهاسازی این منابع در طبیعت باعث شده است که سازمان‌ها و نهادهای دست اندرکار، بدنبال یافتن راهی مناسب برای رهایی از این معضل باشند. هضم بیهوازی و تولید بیوگاز ضمن استحصال انرژی، می‌تواند به عنوان روشی مناسب برای دفع بهداشتی و حل مشکلات بعدی این زائدات آلی مورد توجه قرار گیرد. بررسی های انجام شده در راکتورهای مختلف نشان می دهد که این زائدات آلی فسادپذیر، پتانسیل مناسبی برای تولید برق با بهره گیری از فناوری هضم بیهوازی دارند. نتایج فعالیت‌های انجام شده نشان می‌دهد که به ازاء هر تن مادهٔ خشک پوست سبز پسته می توان ۲۶۳ متر مکعب بیوگاز بدست آورد که در صورت بهره گیری از موتورهای بیوگازی مناسب (با بازده ۳۷ درصد) مقدار ۵۸۳ کیلووات برق تولید نمود. در این مقاله ضمن ارائه فعالیت‌های تجربی انجام شده در این راستا، به بررسی نحوه هضم بیهوازی این زائدات و چگونگی استحصال انرژی از آنها، پرداخته خواهد شد. نتایج و داده‌های حاصل از این کار عملی می‌تواند در طراحی نیروگاه‌های بیوگازی به کار رود.

کلید واژه‌ها: انرژی؛ برق؛ بیوگاز؛ هضم بیهوازی

۱. مقدمه

در فرایند هضم بیهوازی مولکول‌های آلی درشت زنجیر تحت تأثیر میکروارگانیسم‌های بیهوازی در غیاب اکسیژن شکسته شده و به مولکول‌های ساده تر تبدیل می‌شوند. حاصل نهایی این فرایند یک مخلوط گازی قابل اشتعال است که بیوگاز نام دارد، این گاز شامل ۷۰ – ۶۰ متان و ۴۰ – ۳۰ دی اکسید کربن به همراه ناخالصی‌های جزئی دیگر می‌باشد. این گاز بی رنگ و بی بو دارای ارزش حرارتی ۵۲۹۰ kcal/m3 بوده و می تواند به طور مستقیم برای تولید برق، برق – حرارت و روشنایی بکار رود.

مکانیسم تولید بیوگاز در فرایند هضم بیهوازی نسبتاً پیچیده وتحت تأثیر عوامل شیمیایی و بیوشیمیایی متنوعی می‌باشد, این مکانیسم به طور کلی به سه مرحله تقسیم می گردد.

مرحله اوّل: هیدرولیز مواد آلی پیچیده و نامحلول و تبدیل این مواد به ترکیبات محلول

مرحله دوّم: ترکیبات آلی محلول حاصل از مرحله اول به وسیله باکتری‌های اسید ساز شکسته شده و در نتیجه اسیدهای آلی تولید می شود. معمولاً هیدروکربن‌های پنج و شش کربنی در آب حل شده و توسط باکتری‌های اسید ساز مورد مصرف واقع

شده و به ترکیباتی از قبیل هیدروژن , فورمات , استات , پروپیونات و گاز کربنیک تبدیل می گردند.

مرحله سوّم : تمام ترکیبات آلی و اسیدهای تولید شده در مرحله اسیدسازی توسط باکتریهای متان ساز به بیوگاز تبدیل میگردند.

فرایند هضم بیهوازی در محدوده دمایی نسبتاً وسیع ۶۵-۱۰ درجه سانتیگراد صورت می‌گیرد. مناسب‌ترین درجه حرارت برای تولید بیوگاز از نظر فنی و اقتصادی حدود ۳۷ درجه سانتیگراد می‌باشد.

فرایند هضم بیهوازی و تولید بیوگاز مانند سایر واکنش‌های بیوشیمیایی تحت تأثیر عوامل شیمیایی و فیزیکی متنوعی است که مهمترین آنها عبارتند از : دما، PH ، نسبت C/N، میزان حضور عوامل سمّی، میزان مواد مغذی موجود در محیط، سرعت همزدن، ثبات و پایداری سیستم و...

در این تحقیق به منظور تعیین میزان پتانسیل کیفی تولید برق از زائدات پوست پسته، ابتدا نمونه‌های مناسب از این زائدات تهیه و سپس در شرایط مناسب، هضم بیهوازی این زائدات در در محدودهٔ دمایی مزوفیلیک در راکتورهای آزمایشگاهی انجام گرفت. در این مقاله ضمن معرفی راکتور به کار رفته، نتایج مطالعات هضم بیهوازی و پتانسیل تولید برق از این زائدات ارائه می‌گردد

۲-مشخصات راکتور

راکتور طراحی شده برای این مطالعات دو جداره بوده و از جنس شیشه ساخته شده است و دارای حجم مفید ۴/۵ لیتر می‌باشد. با استفاده از سیرکولاسیون آب گرم در جدارهٔ بیرونی راکتور، با کمک یک دستگاه بن ماری و یک عدد پمپ، دمای محتویات به طور منظم کنترل شده و با استفاده از یک همزن مغناطیسی مناسب در فواصل زمانی منظم محتویات راکتور به هم زده می شود. همچنین بیوگاز تولیدی از طریق یک لولهٔ خروجی به یک مخزن گاز شیشه ای شناور منتقل و جمع آوری می‌شود.

کار با یک راکتور آزمایشگاهی، آسانتر از یک راکتور صنعتی است و کنترل شرایط و نظارت بر پارامترهای مختلف مورد نظر، عملی‌تر بوده و از نظر اقتصادی نیز ارزانتر است. علاوه بر این در مقیاس آزمایشگاهی، تکرار پذیری آزمایشات در شرایط مختلف و مقایسهٔ آنها با هم امکان پذیرتر است.

۳- دستگاه‌های مورد استفاده

در این مطالعه علاوه بر طراحی و ساخت راکتور بیهوازی، از دستگاه‌های اسپکتروفتومتر UV-VIS، دستگاه سنجش BOD، دستگاه سنجش COD، دستگاه سنجش اسیدیته همگی ساخت کمپانی HACH، انکوباتورهای قابل برنامه ریزی مختلف ساخت کمپانی MEMERT، دستگاه گاز کروماتوگرافی GC14B ساخت کمپانی SHIMADZU ، ترازوی دیجیتال SARTORIUS با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم و به همراه روش‌های کلاسیک جهت بررسی و آنالیزهای مورد نیاز استفاده گردید. کلیه آنالیزهای فوق بر اساس روش های استاندارد متد انجام گردید

۴-فعالیت‌های تجربی

راکتور آزمایشگاهی تا حجم ۴/۲ لیتر با فضولات تازه گاوی به عنوان استارتر بارگیری شد. سپس با کنترل شرایط دمایی و سیرکولاسیون محتویات و آبگرم جهت کنترل دمای راکتور، به میکرو ارگانیسم‌ها آنقدر زمان داده شد که گازدهی به انتهای دورهٔ خود برسد. در انتهای دوره گازدهی کم شده و راکتور، سرشار از میکروارگانیسم‌های بیهوازی است و محیط برای بارگیری با زائدات پوست پسته آماده می باشد.

ابتدا ۳۰۰ گرم از زائدات پوست پسته وزن شده، خرد گردیده و سپس به آن ۶۰۰ میلی لیتر آب اضافه شد. محلول فوق در یک حمام آب گرم قرار داده شـــد و گرم کردن تدریجی آن آغاز گردید. دمای محلول به مدت ۱۰ دقیقه در $75^{\circ}C$ ثابت نگه داشته شد، سپس محلول پوشانده شده و در یخچال نگهداری شد-. مشخصات این محلول به شرح زیر بود :

PH = 6.15
TS = 6.7084 %
VS = 65.901 %

اکنون با اســـتفاده از این محلول، بارگیری پلکانی راکتور آزمایشگاهی شروع گردید. ابتدا حجمی از محلول به داخل یک بشر مناسب منتقل و سپس هم اندازه آن آب جهت رقیق سازی

به بشر اضافه شد. با استفاده از یک دستگاه بن ماری، دمای محتویات این بشر به دمای راکتور رسانده می شد. سپس معادل این حجم از محتویات راکتور تخلیه و محتویات بشر به راکتور اضافه می‌شد.

این عمل روزانه و یا هر چند روز یکبار انجام شد تا به میکروارگانیسم های بیهوازی فرصت داده شود تا خود را با شرایط جدید وفق دهند. نتایج حاصله در جدول زیر آورده شده است:

جدول ۱: اسیدیته و درجه حرارت محتویات راکتور

ردیف	روز سپری شده	PH	T (°C)	حجم خوراک اضافه شده
۱	۱	۷/۱۴	۴۰	۴۰ CC
۲	۲	۷/۱۱	۴۰	۴۰ CC
۳	۳	۷/۰۷	۴۰	۴۰ CC
۴	۴	۷/۱۳	۴۱	۵۰ CC
۵	۷	۷/۲۵	۴۱	۶۰ CC
۶	۸	۷/۲۷	۴۰/۵	۷۰ CC
۷	۹	۷/۲۱	۴۰/۵	۸۰ CC
۸	۱۰	۷/۱۲	۴۱	۹۰ CC
۹	۱۳	۷/۳۷	۴۰/۵	۱۰۰ CC
۱۰	۲۱	۷/۳۱	۴۰	۹۰ CC

۱-۴- بررسی تغییرات در اسدیته راکتور

اندازه‌گیری اسیدیته با استفاده از یک دستگاه PH متر دیجیتالی ویژهٔ آب و فاضلاب صورت گرفت، وضعیت اسیدیتهٔ سیستم تقریباً حالت پایداری را نشان داده و ناپایداری‌های ملاحظه شده در بارگیری‌های قبلی کمتر در سیستم مشاهده گردید. در این دوره PH حداقل ۷/۲۳ و حداکثر ۷/۴۴ به شرح زیر در نوسان بوده است.

اکنون که راکتور شرایط پایدارتری را بد ست آورده بود و تولید بیوگاز از این زائدات به خوبی در حال انجام بود، بارگیری روزانه متوقف گردید تا گازدهی سیر نزولی پیدا نماید.

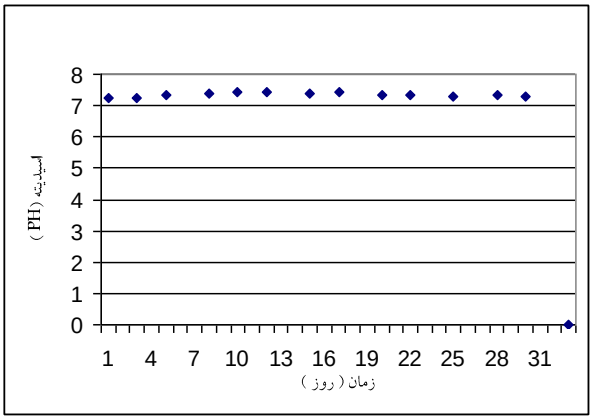
بعد از کاهش تولید بیوگاز، مجدداً راکتور با زائدات پوست پسته بارگیری شد. ابتدا ۲۰۰ گرم از زائدات پو ست پ سته-، تفکیک شده، خرد گردیده و با ۴۰۰ میلی لیتر آب رقیق گردید، سپس با استفاده از یک حمام آبگرم دمای این محلول به مدت ۱۰ دقیقه در $75^{\circ}C$ ثابت نگهداری شد، این محلول دارای مشخصات زیر است :

PH = 6.23
TS = 7.1384 %
VS = 66.39 %
COD = 98800 mgr/lit
BOD = 61400 mgr/lit

مقدار ۶۰۰ میلی لیتر از محتویات راکتور تخلیه گردید، راکتور قبل از بارگیری دارای مشخصات زیر بود :

PH = 7.46
T = 40 ˚C
TS = 1.3916 %
VS = 43.17 %

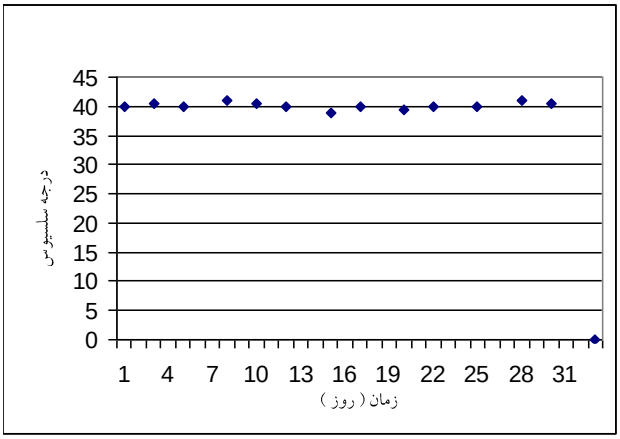
سپس دمای محلول تهیه شده از زائدات پوست پسته با استفاده از یک بن ماری به دمای حدود $40^{\circ}C$ رسانده شده و به راکتور آزمایشگاهی اضافه گردید. جهت تعیین فعل و انفعالات موجود در محتویات راکتور به صورت منظم نمونه گیری هایی به عمل آمد و آنالیزهای PH , T , TS , VS , COD , BOD و... بر روی محتویات انجام گرفت و حجم گاز تولیدی روزانه کاملاً به دقت یادداشت گردید. نتایج آنالیزهای انجام شده در این دوره مطالعاتی در جداول و نمودارهای زیر ارائه شده است.



شکل ۲: تغییرات اسیدیته راکتور

۴-۲- بررسی وضعیت درجه حرارت محتویات راکتور

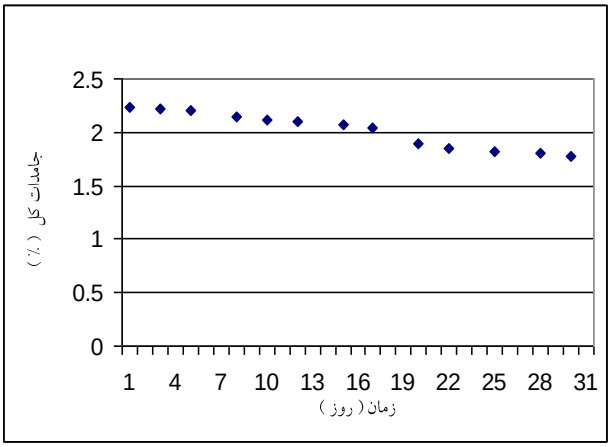
در این دوره مطالعات در محدودهٔ دمایی مزوفیلیک انجام گرفت، لذا با استفاده از سیستم دو جداره راکتور و سیرکولاسیون آب گرم درجه حرارت محتویات در محدودهٔ ۱±۴۰ درجه سلسیوس ثابت نگه داشته شد. چند ساعت پس از تغذیه با استفاده از سیرکولاسیون آبگرم، دمای محتویات راکتور به ۱±۴۰ درجه سلسیوس رسید. درجه حرارت راکتور به صورت منظم اندازه گیری شده و نتایج به شرح زیر در شکل ۲ آورده شده است.



شکل ۲: درجه حرارت راکتور

۴-۳- بررسی تغییرات در جامدات کل (TS)

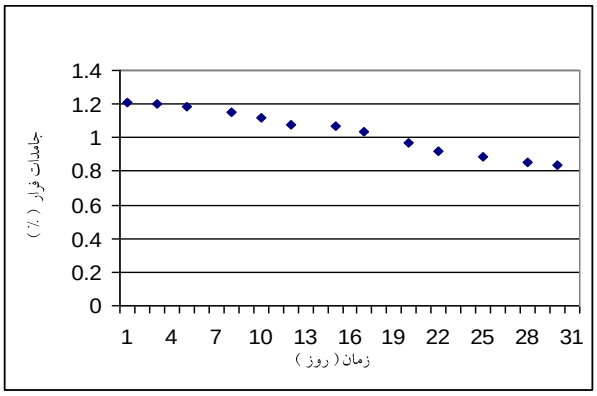
با تهیه نمونه‌های مناسب از محتویات راکتور و انجام آنالیز مربوطه میزان پارامترTS به تناوب در طول دوره مورد بررسی قرار گرفت. میزان کاهش TS در طول این دوره مطالعاتی ۴۴/۱۹ درصد بوده است. نحوهٔ تغییر در پارامترTS محتویات راکتور در شکل ۳ آورده شده است.



شکل ۳: تغییرات جامدات کل راکتور

۴-۴- بررسی تغییرات در جامدات فرار (VS)

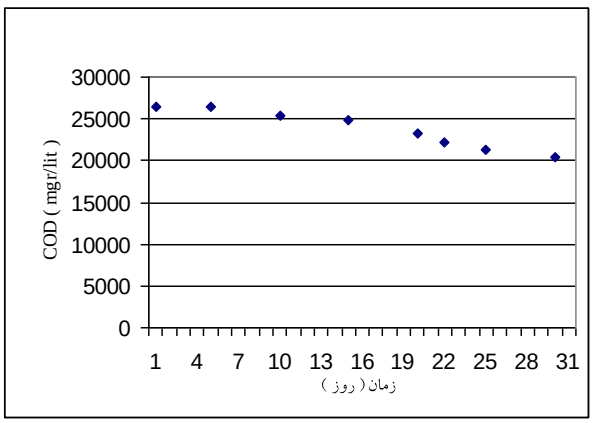
با تهیه نمونه های مناسب از محتویات راکتور و انجام آنالیز مربوطه میزان پارامتر VS به تناوب در طول دوره مورد برر سی قرار گرفت. میزان کاهش VS در طول این دوره مطالعاتی ۵۴/۱۴ درصد بوده است. نحوهٔ تغییر در پارامتر VS محتویات راکتور در شکل ۴ آورده شده است.



شکل ۴: تغییرات جامدات فرار راکتور

۴-۵-بررسی تغییرات COD راکتور

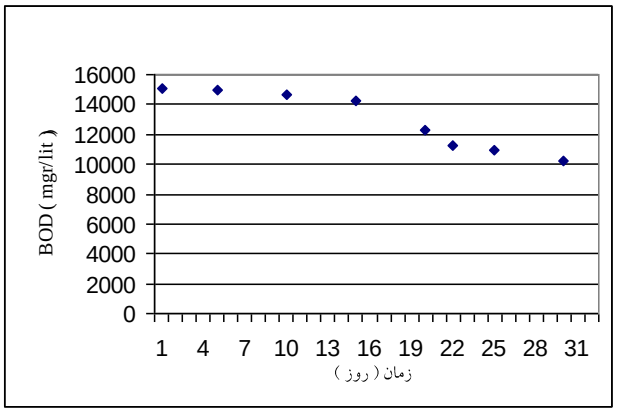
جهت بررسی میزان کاهش COD محتویات راکتور در طول دورهٔ مطالعاتی، نمونه‌های مناسب از محتویات تهیه گردید و آنالیز COD مطابق روش استاندارد متد صورت گرفت، بررسی نتایج آنالیزCOD نشان میدهد که در طول این دورهٔ مطالعاتی ۴۲/۷۹ درصد کاهش در مقدار COD حاصل شده است. در شکل ۵ چگونگی این تغییرات مشاهده می‌گردد.



شکل ۵: تغییرات COD محتویات راکتور

۶-۴- بررسی تغییرات BOD راکتور

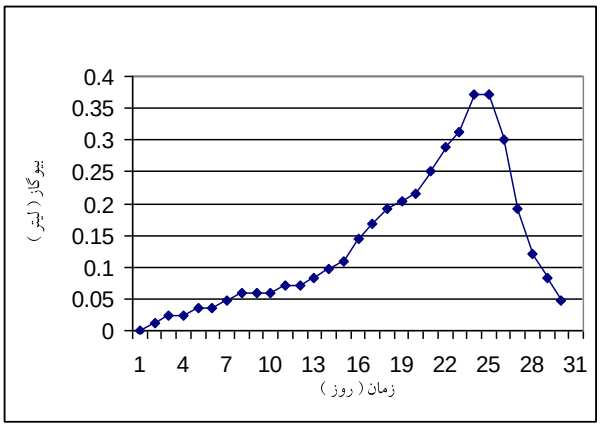
جهت بررسی میزان کاهش BOD محتویات راکتور در طول دورهٔ مطالعاتی نمونه‌های مناسب از محتویات تهیه گردید و آنالیز BOD مطابق روش استاندارد متد صورت گرفت، بررسی نتایج آنالیز BOD نشان می‌دهد که در طول این دورهٔ مطالعاتی ۵۵/۸۶ درصد کاهش در مقدار BOD حاصل شده است. در نمودار ۶ چگونگی این تغییرات مشاهده می‌گردد.



شکل ۶: تغییرات BOD محتویات راکتور

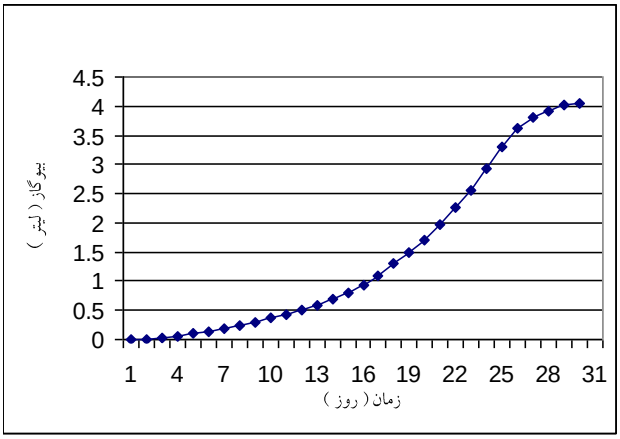
۷-۴-بررسی وضعیت تولید بیوگاز

جهت بررسی وضعیت تولید بیوگاز در این دورهٔ مطالعاتی حجم گاز تولیدی به صورت روزانه ثبت گردید، نتایج مربوطه در شکل ۷ آورده شده است.



شکل ۷: سرعت روزانه تولید بیوگاز

حجم کل بیوگاز تولیدی دوره در شکل ۸ آورده شده است.



شکل ۸: حجم بیوگاز تولیدی

۵-نتیجه‌گیری

خلاصه نتایج حاصله در جدول ۲ آورده شده است :

جدول ۲: چکیدهٔ آنالیزهای انجام شده

پارامتر	*مقدار ورودی (گرم)*	*مقدار حذف شده(گرم)*	*درصد حذف*
TS	۴۲/۸۳	۱۸/۹۳	۴۴/۱۹
VS	۲۸/۴۳۵	۱۵/۴۰۵	۵۴/۱۴
COD	۵۹/۲۸	۲۵/۳۶۸	۴۲/۷۹
BOD	۳۶/۸۴	۲۰/۵۸	۵۵/۸۶

با توجه حجم بارگیری شده راکتور، که معادل ۴/۲ لیتر بوده است و چکیدهٔ آنالیزهای انجام شده (جدول ۲) میزان پارامترهای حذف شده در طول دوره را حساب کرده و سپس با توجه به میزان بیوگاز تولیدی در طول کل دوره (۴/۰۵۶ لیتر) مقدار بیوگاز تولیدی به ازاء هر کیلوگرم از پارامتر های حذف شده را حساب می کنیم، نتایج در جدول ۳ آورده شده است:

جدول ۳: میزان بیوگاز به ازاء حذف هر کیلوگرم پارامتر مربوطه

پارامتر	*مقدار حذف شده (گرم)*	*بیوگاز تولیدی کل دوره*	*لیتر بیوگاز تولیدی به ازاء حذف هر کیلو گرم از پارامتر مربوطه*
TS	۱۸/۹۳	۴/۰۵۶ لیتر	۲۱۴
VS	۱۵/۴۰۵	۴/۰۵۶ لیتر	۲۶۳
COD	۲۵/۳۶۸	۴/۰۵۶ لیتر	۱۶۰
BOD	۲۰/۵۸	۴/۰۵۶ لیتر	۱۹۷

با توجه به مقدار بیوگاز تولیدی به ازاء حذف هر تن مادهٔ خشک آلی و با استفاده از موتورهای بیوگازسوز مناسب می توان مقدار ۵۸۳ کیلووات ساعت برق به ازاء حذف هر تن مادهٔ خشک آلی تولید نمود. در ضمن در صورت استفاده از موتورهای احتراق داخلی مناسب می-توان حدود ۱/۵ برابر این مقدار انرژی حرارتی نیز تولید نمود.

منابع

[۱] اکبر شعبانی کیا، علی نظری، بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان،تهران،صص ۱۲۱۴ – ۱۲۰۷،۱۳۸۲.

[۲] اکبر شعبانی کیا، علی نظری، بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان،تهران،صص ۱۹۶۹ – ۱۹۶۰،۱۳۸۲.

[۳] اکبر شعبانی کیا، علی نظری،مرتضی خلجی اسدی، بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، بررسی تأثیر احداث نیروگاه بیوگازی در تأمین انرژی و کاهش معضلات زیست محیطی مواد زائد شهری در تهران،۱۳۸۳.

[۴] اکبر شعبانی کیا، گیتی طالقانی، علی نظری، کنفرانس اکو انرژی ایران ۱۳۸۳، دانشگاه ارومیه، کد مقاله ۸۰۰۲

[۵] علی نظری، اکبر شعبانی کیا، بیستمین کنفرانس برق ایران، تهران ۱۳۸۴، کد مقاله ۹۸-F-ENV-173

[۶] جلا الدین شایگان، حسین مهدیزاده، فریده قوی پنجه، اولین سمینار بیوگاز در ایران ۱۳۷۵، سازمان انرژی اتمی ایران صص ۴۶ – ۳۲

[10] Akbar Shabani Kia, Giti Taleghani, Ali Nazari , Biogas incentive in Iran, Rio3 – world climate & Energy Event 1-5 Dec 2003 , Rio de Janeiro , Brazil , pp 301-310

[12] Akbar Shabani Kia, Ali Nazari, Economical and environmental protection effect's of Biogas power plant building in Iran and other countries 3rd Iranian seminar of chemistry and environment , sept 27 - 29 , 2005 Kurdistan university

KNO-1001-3904

تعیین بهترین شبکه MLP برای تخمین توابع ریاضی

امین شیخ نجدی
aminnima2@gmail.com

محمدحسین رضوانی
Mhrezvani2003@yahoo.com

چکیده: ما در این مقاله سعی داریم روشی برای پیداکردن بهترین شبکه MLP که می‌تواند یک تابع را تخمین بزند ارائه دهیم در این روش با استفاده نرم‌افزار مطلب ابتدا یک شبکه MLP را پیاده‌سازی می‌کنیم سپس عملکرد آن را به‌ازای تعداد نرون‌های مختلف همچنین به‌ازای تعداد لایه‌های مختلف بررسی می‌کنیم، در هر مرحله تفاضل خروجی شبکه را از خروجی مطلوب به‌عنوان خطای شبکه در نظر می‌گیریم و در پایان عملکرد یک شبکه مناسب را به‌عنوان معیاری برای تعیین مطلوب‌بودن شبکه ارائه می‌دهیم.

کلید واژه: *داده تست(test), داده آموزش(train) ,تابع انتقال, نرون.*

۱- مقدمه

امروزه کاربردهای شبکه‌های عصبی در زمینه‌های مختلف گسترش‌یافته اما موضوعی که بسیار مهم می‌باشد پیداکردن شبکه منطبق بر توپولوژی مسئله است.

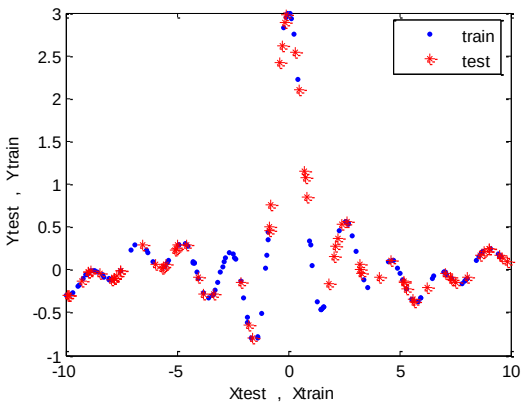
طراحی یک شبکه بر پایه نوع داده‌های مسئله، گستردگی ورودی‌ها و رنج تغییرات ورودی انجام می‌شود، اما گاهی گستردگی مسئله به‌گونه‌ای است که توپولوژی مسئله از روی داده‌های ورودی قابل فهمیدن نیست و یا اینکه تمام داده‌ها را در اختیار نداریم.

روشی که در این مقاله ارائه شده به‌گونه‌ای است که کاربر بتواند با داشتن بخش کوچکی از داده‌های مسئله مناسب‌ترین شبکه را پیدا کند.

همواره برای دستیابی به یک شبکه مناسب برای شروع یک شبکه ابتدایی تعریف می‌کنند و سپس با استفاده از داده‌های مسئله شبکه را بهینه می‌کنیم، ما نیز در این مقاله ابتدا یک شبکه ابتدایی تعریف کرده و سپس با استفاده از داده‌های مسئله، تعداد توپولوژی مناسب شبکه را پیدا می‌کنیم و در نهایت خروجی بهترین شبکه به‌دست‌آمده را ارائه می‌دهیم.

۲- معرفی تابع

در ابتدا ما دو نوع داده data test,data train را برای بررسی عملکرد شبکه در نظر می‌گیریم. از داده‌ها (train) برای آموزش شبکه استفاده می‌کنیم و از داده‌های (test) به‌عنوان معیاری برای تعیین کیفیت عملکرد مطلوب شبکه بهره می‌گیریم. اگر داده‌های test,train را در نرم‌افزار مطلب رسم کنیم شکل تابع موردنظر به‌صورت شکل (۱) خواهد شد
همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌کنید نقاط آبی نمایانگر داده‌های (train) و ستاره‌ها نشان‌دهنده داده‌های (test) در شکل فوق داده‌های مسئله بین (10تا10-) تغیر می‌کند.



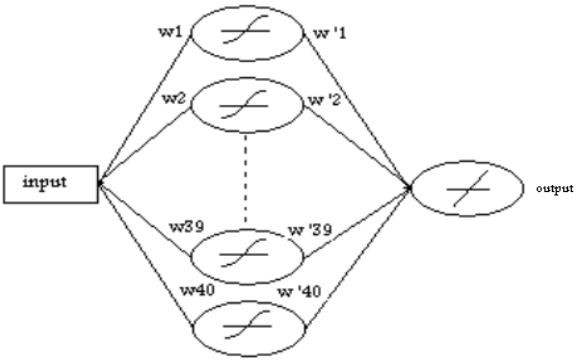
شکل ۱: داده‌های train ,test

۳- معرفی شبکه

در این قسمت می‌خواهیم یک شبکه MLP را با استفاده از دستور newff در مطلب پیاده‌سازی کنیم

Net=newff([-10 10],[40 1],{‘tansig’,’purelin’})

شبکه فوق یک شبکه MLP با دولایه است که در لایه اول 40 نرون وجود دارد تابع انتقال پنج نرون اول از نوع (tansig) است و تابع انتقال لایه خروجی از نوع (purelin) است.شکل (۲)تابع فوق را نشان می‌دهد.



شکل۲: شبکه MLP

۴- طراحی مناسب شبکه

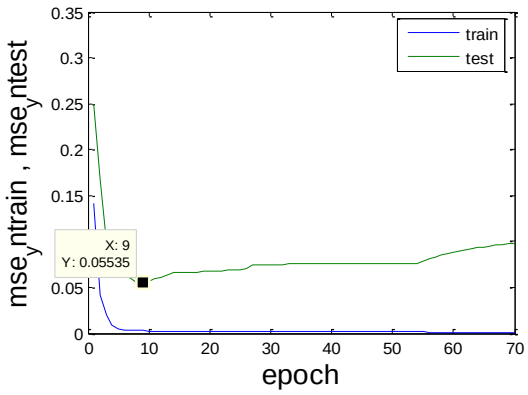
برای طراحی یک شبکه مناسب باید تعداد نرون‌ها و تعداد لایه‌ها بهینه شود همچنین باید شبکه به طور مطلوب آموزش ببیند.

ابتدا برنامه‌ای در مطلب می‌نویسیم که تعداد نرون‌های لایه اول را برای ما بهینه کند تکه برنامه زیر شبکه را با استفاده از دستور net.trainparam.epches به‌ازای مقادیر متفاوت epoch(هر دور آموزش به‌ازای داده‌های train) آموزش می‌دهد و سپس در هرepoch خطای داده‌های train, test را محاسبه کرده در نهایت نمودار شکل (۳) به دست می‌آید.

```
for z=1:1:70
net=newff([-10 10],[40 1],{'tansig','purelin'});
net.trainparam.epochs=z;
net=train(net,xtrain',ytrain');
yntrain=sim(net,xtrain');
yntest=sim(net,xtest');
mse_yntraina(z)=sqrt((yntrain-ytrain')*(yntrain-
ytrain')'/length(ytrain));
mse_yntesta(z)=sqrt((yntest-ytest')*(yntest-
ytest')'/length(ytest));
end
figure(2);
plot([mse_yntraina',mse_yntesta']);
legend('train','test');
```

همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود با افزایش تعداد epoch خطای داده‌های train کم شده؛ اما خطای داده‌های test از حد معینی شروع به افزایش کرده در این حالت شبکه دچار over train شده.

مطابق شکل بهترین تعداد Epoch برای این شبکه برابر (۹)است.



شکل۳: نمودار بهینه‌کردن تعداد epochها

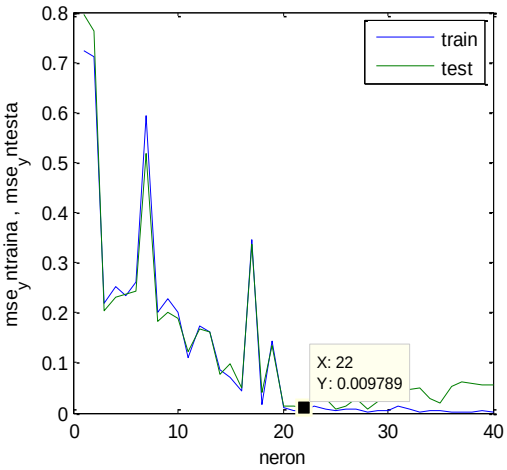
علت این که تعداد epoch های بهینه را(۹) انتخاب کردیم این است که در این حالت خطای داده‌های test کمترین مقدار را دارد و خطای داده‌های train نیز با افزایش تعداد epochها تغیر چندانی ندارد.

در مرحله بعدی می‌خواهیم تعداد نرون‌های لایه اول را به همان ترتیبی که تعداد epochها را بهینه کردیم به دست آوریم درواقع در حالت قبلی ما متغیر برنامه را تعداد epoch در نظر گرفته بودیم اما در این مورد متغیر را تعداد نرون لایه دوم در نظر می‌گیریم برنامه زیر این کار را انجام می‌دهد.

```
for z=1:1:70
net=newff([-10 10],[z 1],{'tansig','purelin'});
net.trainparam.epochs=50;
net=train(net,xtrain',ytrain');
```

```
yntrain=sim(net,xtrain');
yntest=sim(net,xtest');
mse_yntraina(z)=sqrt((yntrain-ytrain')*(yntrain-
ytrain')'/length(ytrain));
mse_yntesta(z)=sqrt((yntest-ytest')*(yntest-
ytest')'/length(ytest));
end
figure(2);
plot([mse_yntraina',mse_yntesta']);
legend('train','test');
```

با اجرای برنامه فوق نمودار شکل (۴) به دست می‌آید در این حالت همان‌طور که از روی مشخص است تعداد نرون بهینه برای لایه اول برابر ۲۲ است.



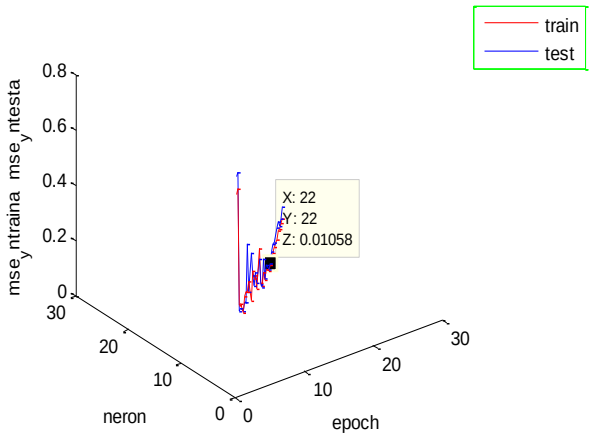
شکل ۴: نمودار بهینه‌کردن تعداد نرون‌ها

اشکال دو برنامه فوق این است که ما تعداد epoch=9 را در حالتی به دست آورده‌ایم که تعداد نرون‌ها برابر ۴۰ باشد و همچنین در حالت دوم تعداد نرون بهینه در وضعیتی به‌دست‌آمده که تعداد epoch برابر ۵۰ باشد برای رفع مشکل فوق‌برنامه بالا را به صورتی تغییر می‌دهیم که تعداد نرون‌های لایه اول همزمان با تعداد epoch بهینه شود این کار به کمک دو حلقه for تودرتو به‌صورت زیر میسر است.

```
for z=1:1:30
for k=1:1:30
net=newff([-10,10],[z,1],{'tansig','purelin'});
net.trainparam.epochs=k;
net=train(net,xtrain',ytrain');
yntrain=sim(net,xtrain');
yntest=sim(net,xtest');
mse_yntraina(z)=sqrt((yntrain-ytrain')*(yntrain-
ytrain')'/length(ytrain));
mse_yntesta(z)=sqrt((yntest-ytest')*(yntest-
ytest')'/length(ytest));
end
end
```

```
figure(3);
z=1:1:30;
k=1:1:30;
plot3(k,z,mse_yntraina);
hold on
plot3(k,z,mse_yntesta);
legend('train','test');
```

حال اگر برنامه فوق را اجرا کنیم نمودار سه‌بعدی شکل(5) حاصل می‌شود.



شکل ۵:نمودار بهینه‌کردن تعداد نرون‌هایepochها

در این شکل دو نمودار متفاوت وجود دارد که یک خطای داده‌های تست را حساب می‌کند و دیگری خطای داده‌های train را محاسبه می‌کند از دو حالت قبلی به یاد داریم که با افزایش تعداد نرون و epoch خطای داده‌های train کاهش می‌یابد پس اگر ما خطای داده‌های test را بررسی کنیم خواهیم دید که عدد ۲۲ مناسب‌ترین مقدار برای نرون‌ها و epochها است.

حال که تعداد نرون بهینه را همزمان با تعداد epoch بهینه به دست آورده‌ایم ، می‌خواهیم وضعیت توابع انتقال را بررسی کنیم، انتخاب یک تابع انتقال مناسب علاوه بر اینکه به نوع مسئله بستگی دارد به لایه‌ای که در آن استفاده می‌شود نیز بستگی دارد؛ مثلاً اگر در شبکه فوق بخواهیم تابع انتقال لایه اول را تغیر دهیم و بجای آن از logsig استفاده کنیم نتایجی متفاوت باحالت قبل به دست خواهیم آورد همچنین اگر از تابع sign استفاده کنیم مقادیر به‌دست‌آمده متفاوت خواهد بود.

روشی که برای انتخاب یک تابع انتقال مناسب پیشنهاد می‌کنیم این است که مثلاً خطای نرون بهینه را برای دو تابع متفاوت باهم بررسی کنیم در حالت اول تعداد نرون بهینه‌ای که به دست آوردیم ۲۲ با خطای معدل 0.0097 بود حال شبکه را با چند تابع انتقال مختلف بررسی می‌کنیم.

Logsig

mse_yntesta=0.0077

neron=23 .

satlins

mse_yntesta=0.0349

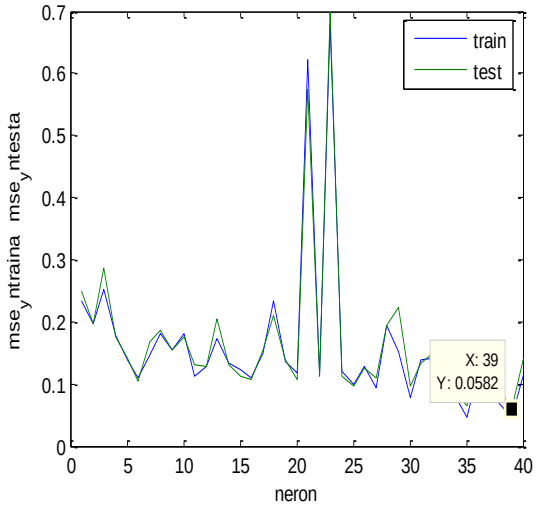
neron=23

همان‌طور که از مقادیر بالا مشخص است توابع انتقال متفاوت تقریباً تعداد نرون یکسانی به دست می‌آورند؛ اما خطای آنها متفاوت است در واقع مناسب‌ترین تابع انتقال برای مسئله فوق logsig است با انجام عملیات فوق برای لایه دوم بهترین تابع انتقال purelin به دست می‌آید

در ادامه می‌خواهیم وضعیت تعداد لایه‌ها را بررسی کنیم برای این کار شبکه زیر را معرفی می‌کنیم

Net=newff([-10 10],[40 z 1],{tansig 'tansig','purelin'})

دارای یک شبکه مخفی است که تعداد آن را به‌صورت متغیر z در نظر می‌گیریم حال اگر بخواهیم شبکه را مطابق برنامه بالا اجرا کنیم تعداد نرون لایه مخفی از روی شکل (۶) برابر ۳۹ به دست می‌آید



شکل ۶:نمودار تعداد نرون لایه مخفی

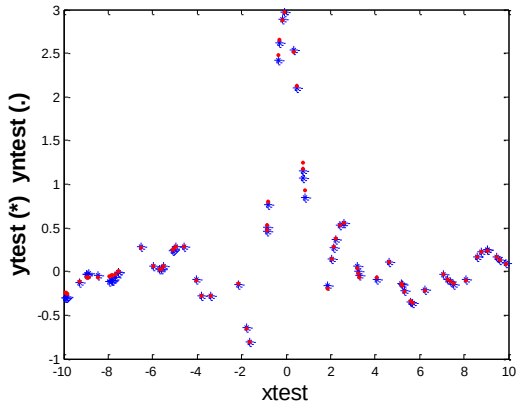
به‌وضوح مشخص است که افزایش یک‌لایه به‌هیچ‌وجه برای شبکه مناسب نیست و فقط با افزایش خطا همراه خواهد بود، البته این ویژگی مختص داده‌های این مسئله است و ممکن است به‌ازای داده‌های یک مسئله دیگر افزایش یک‌لایه مفید باشد.

حال که شبکه را از جهات مختلف بررسی کرده‌ایم می‌خواهیم شبکه را با اطلاعاتی که به دست آورده‌ایم اجرا کنیم

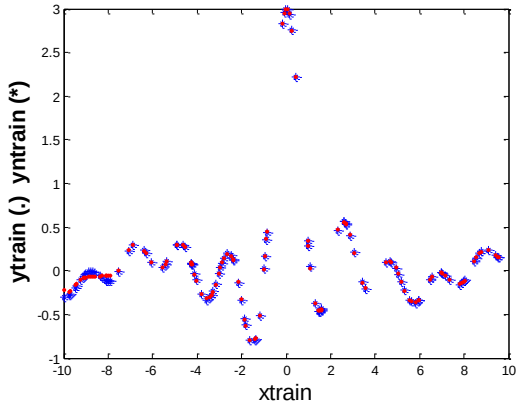
اجرای شبکه با استفاده از دستور زیر انجام می‌شود

```
yntrain=sim(net,xtrain');
yntest=sim(net,xtest');
```

درواقع یک‌بار شبکه را با داده‌های test و یک‌بار با داده‌های train اجرا می‌کنیم و سپس خروجی آن را روی خروجی مطلوب رسم می‌کنیم انتظار داریم که هر دودسته نقاط روی‌هم منطبق شوند. شکل‌های (۷ و ۸) به ترتیب خروجی شبکه را بر روی داده‌های test و train منطبق نموده‌اند



شکل ۷:نمودار خروجی شبکه برای داده‌های test



شکل ۸:نمودار خروجی شبکه برای داده‌های train

حالت فوق نشان‌دهنده این موضوع است که شبکه به طور مناسب طراحی شده وضعیت فوق را می‌توان به‌عنوان معیاری برای تعین عملکرد مطلوب شبکه در نظر گرفت.

نتیجه‌گیری

بررسی‌های فوق نشان می‌دهد که بهینه‌کردن شبکه به عوامل متفاوتی بستگی دارد و تعیین مناسب‌ترین پارامترها برای شبکه گاهی نیاز به تحلیل و بررسی هر کدام به‌صورت جداگانه دارد و همچنین تأثیر هر کدام بر روی خروجی شبکه متفاوت است در نهایت این دقت موردنیاز کاربر است که مشخص می‌کند شبکه باید تا چه حد بهینه شود؛ اما نکته مهم این است که حتی کسانی هم که به صورت حرفه‌ای با شبکه‌ها آشنایی ندارند نیز می‌توانند با استفاده از این روش شبکه مناسب برای کار خود را به دست آورند.

مراجع

[1] Randy L. Haupt and Sue Ellen, Haupt ,"PRACTICALGENETIC ALGORITHMS " , JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION,2004

[2] Oliver nelles,"Nonlinear System identification" , springer-verlag berlin heidelberg New york 2001

.

KNO-1001-3905

تشخیص گلوکز خاص با طیف‌سنجی رامان بر اساس فیبر کریستال فوتونی

مهران کریمیان‌ریزی [۱] mehrankarimian97@ms.tabrozu.ac.ir
مریم فریور [۲] farivar.maryam@yahoo.com

[۱] کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی دانشگاه تبریز، ایران
[۲] مربی سازمان‌آموزش فنی‌وحرفه‌ای کشور، اصفهان، ایران

چکیده: این مقاله اولین گام را در جهت توسعه حسگر زیستی گلوکز بر اساس طیف سنجی رامان و کاوشگر فیبر کریستال فوتونی (PCF) گزارش می‌دهد. از نظر تاریخی، تشخیص مستقیم گلوکز توسط طیف سنجی رامان به دلیل سطح مقطع پراکندگی رامان، بسیار چالش برانگیز بوده است. در این کار، تشخیص کمی گلوکز رامان در محدوده غلظت فیزیولوژیکی (۰ تا ۲۵ میلی مولار) با قدرت لیزر کم (۲ میلی وات)، زمان ادغام کوتاه (۳۰ ثانیه) و حجم نمونه گیری بسیار کم (50 nL ~) با استفاده از پروب PCF پر از مایع و حساس است. به عنوان اثبات مفهوم، ما همچنین ویژگی مولکولی این تکنیک را در حضور قند رقیب، مانند فروکتوز نشان می‌دهیم. حساسیت بالا، انعطاف پذیری، تکرارپذیری، هزینه کم، حجم نمونه برداری کوچک و قابلیت سنجش از راه دور، PCF را به یک پلتفرم بسیار قدرتمند برای تشخیص گلوکز بالقوه بر اساس طیف سنجی رامان تبدیل می‌کند.

کلید واژه: تشخیص گلوکز، طیف‌سنجی رامان، فیبر کریستال فوتونیکی، حسگر فیبر

۱. مقدمه

دیابت شیرین (انواع I و II) یک بیماری همه گیر است که در حال حاضر جهان را فرا گرفته است و بیش از ۱۷۱ میلیون نفر در سراسر جهان (۲٫۸٪ از جمعیت) را درگیر کرده است و سالانه بیش از ۱۳۲ میلیارد دلار برای ایالات متحده هزینه دارد. پیش بینی می‌شود که تعداد بیماران به سرعت به ۳۶۶ میلیون نفر تا سال ۲۰۳۰ افزایش یابد [۱]. اگرچه هیچ درمان شناخته شده‌ای برای دیابت وجود ندارد، اما دیابتی‌ها سطح قند خون خود را به روش‌های مختلف برای حفظ سلامتی خود کنترل می‌کنند، از جمله نظارت روزانه، رژیم غذایی، ورزش و استفاده از داروها (انسولین در مورد نوع اول، داروهای خوراکی و همچنین پتانسیل مصرف انسولین در نوع. II)به خوبی شناخته شده است که هنگامی که بدن قادر به تولید انسولین نیست، اختلال متابولیک باعث می‌شود غلظت گلوکز خون از محدوده طبیعی ۴٫۴-۶٫۶ میلی مولار خارج شود. بنابراین، تشخیص و مدیریت دیابت نیاز به اندازه گیری مکرر سطح قند خون دارد. در حقیقت، حسگرهای زیستی گلوکز ۸۵ درصد از کل بازار حسگرهای زیستی را به دلیل جمعیت زیاد دیابتی‌ها تشکیل می‌دهند [۲]. رایج ترین فناوری نظارت بر گلوکز شامل "ضربه‌های انگشتی" است که تکامل پراکسید هیدروژن ناشی از اکسیداسیون گلوکز با گلوکز اکسیداز را کنترل می‌کند. با این حال، این یک تشخیص الکتروشیمیایی غیر مستقیم است و برای نمونه گیری ناراحت کننده نیست [۲]. بنابراین، توسعه یک سیستم تشخیص گلوکز که مخصوص مولکول‌ها، حساس، قابل اعتماد، انعطاف پذیر، مقرون به صرفه و مناسب است در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. در میان تکنیک‌های حسگر زیستی، حسگرهای زیستی نوری جذاب هستند زیرا معمولاً حساس هستند، غالباً غیرتهاجمی هستند، در برخی موارد مختص مولکول ها و هزینه نسبتاً پایینی دارند. در گذشته، چندین روش نوری برای تشخیص گلوکز ایجاد شده است [۳]. یک تکنیک، شامل جذب مادون قرمز میانی، حساسیت به دما و pH را نشان می‌دهد و تداخل جذب آب را نشان می‌دهد [۴-۶]. پلاریمتری

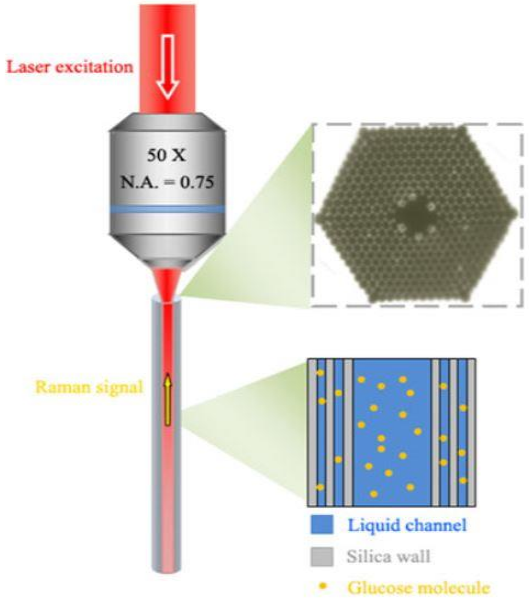
لیزری یکی دیگر از روش‌های تشخیص گلوکز است که در آن نور قطبی از طریق مایع آب چشم عبور می‌کند و قطبش توسط مولکول‌هایی مانند گلوکز می‌چرخد [۷]. با این حال، این روش دارای اشکالاتی مانند چرخش قطبش توسط مولکول‌های دیگر به غیر از گلوکز است. علاوه بر این، روش‌های تشخیصی برای نظارت بر تغییرات فلورسانس مولکول‌های رنگ حاوی اسیدهای آریل بورونیک هنگام اتصال به گلوکز توسعه داده شده است [۸، ۹]. با این حال، مولکول‌هایی با ساختار یا خواص مشابه گلوکز، مانند قندهای دیگر مانند فروکتوز، می‌توانند بر تشخیص خود گلوکز تأثیر منفی بگذارند. در مقایسه با سایر تکنیک‌های نوری، طیف سنجی Raman مزیت منحصر به فرد ویژگی مولکولی را ارائه می‌دهد و اطلاعات "اثر انگشت" را در مورد مولکول‌های خاص ارائه می‌دهد، زیرا هر مولکول مجموعه‌ای از حالت‌های ارتعاشی منحصر به فرد خود را دارد [۱۰]. با این حال، سیگنال‌های رامان معمولاً ضعیف هستند و تشخیص یک آنالیت با غلظت کم مشکل است. تشخیص رامان گلوکز در غلظت های فیزیولوژیکی به قدرت لیزر بالا و زمان ادغام طولانی (به ترتیب معمولاً به ترتیب ۲۵۰ میلی وات و ۵ دقیقه) نیاز دارد. این سطح از قرار گرفتن در معرض لیزر به طور قابل توجهی برای بدن انسان زیاد است و برای اندازه گیری های بالینی عملی نیست [۱۱،۱۲]. یکی از روش‌های امیدوارکننده برای غلبه بر این مشکلات، استفاده از سطح فلز نانوساختار برای افزایش سیگنال گلوکز رامان است که به پراکندگی رامان افزایش یافته سطح (SERS) معروف است [۱۳، ۱۴]. ون دوین و همکارانش کار گسترده ای در زمینه تشخیص گلوکز SERS انجام داده اند. در مطالعه خود، SERS با موفقیت برای تشخیص گلوکز در غلظت های فیزیولوژیکی با استفاده از تیول‌ها برای لنگر زدن گلوکز به یک لایه نقره‌ای روی لایه نانوسفرها [۱۵-۱۹] استفاده شده است. در مطالعه‌ای دیگر، Dinish et al. [۲۰] یک لایه نانوگاپ SERS را با تکنیک لیتوگرافی عمیق UV برای سنجش گلوکز پیاده سازی کرد. با این حال، دستیابی به قابلیت تکرارپذیری بالا، یکنواختی خوب و ثبات طولانی مدت برای لایه های SERS چالش برانگیز است.

علاوه بر این، ساخت بسترهای SERS زمان بر و گران است. علاوه بر این، سنجش گلوکز به زمان طولانی (معمولاً ۱۰ دقیقه) نیاز دارد تا مولکول ها به سطح فلز نزدیک شوند، که ذاتاً به کل زمان اندازه‌گیری می‌افزاید. یکی از راه حل های بالقوه برای مسائل فوق، استفاده از فیبر کریستال فوتونی (PCF) برای تشخیص گلوکز بر اساس طیف سنجی معمولی رامان است. از آنجا که اولین بار در دهه ۱۹۹۰ گزارش شد، [۲۱،۲۲]، PCF به عنوان یک سکوی قوی و امیدوار کننده برای تکنیک‌های مختلف حس نوری، از جمله جذب [۲۳، ۲۴]، فلورسانس [۲۵]، رامان [۲۶، ۲۷] و SERS [۲۸ -۳۵] ریزساختارهای منحصر به فرد کانال‌های هوایی تراز محوری در PCF نه تنها یک باند باند فوتونی برای محدود کردن نور داخل فیبر ایجاد می‌کند، بلکه منجر به تعامل قوی بین نور و آنالیز محلول می‌شود. یک مطالعه اخیر نشان داد که کاوشگرهای PCFمی‌توانند سیگنال رامان را در تشخیص رامان و SERS مولکول‌های رنگ تا ۵۰-۱۰۰ افزایش دهند [۳۳]. در این راستا، ما ایده PCF برای تشخیص گلوکز را گسترش می‌دهیم، که در طیف سنجی Raman بسیار چالش برانگیز بوده است. در اینجا، ما برای اولین بار، تشخیص مستقیم و کمی رامان گلوکز در محدوده غلظت فیزیولوژیکی با استفاده از یک کاوشگر جدید PCF پر از مایع را گزارش می‌کنیم. اندازه‌گیری‌ها تحت قدرت لیزر بسیار پایین‌تر (۲ میلی وات)، زمان ادغام کوتاه‌تر (۳۰ ثانیه) و حجم نمونه برداری کوچکتر (۵۰ نانولتر) نسبت به اندازه‌گیری‌های قبلی رامان انجام شد [۱۱، ۱۲]. علاوه بر این، ما ویژگی مولکولی این روش را در انگشت نگاری گلوکز و تمایز آن از مخلوط گلوکز-فروکتوز نشان می‌دهیم.

۲- بخش تجربی – مواد شیمیایی

D-Glucose از Fisher Scientific و Dfructose از Sigma Aldrich استفاده شده است. آب Milli-Q برای آماده‌سازی محلول‌های آنالیت در غلظت‌های مختلف در طول مطالعات استفاده شده است. تهیه پروب الیاف و اندازه‌گیری‌های رامان PCF از Crystal Fiber A/S (مدل AIR-6-800) مورد استفاده قرار گرفته است که مقطع آن در شکل ۱ نشان داده شده است. قطر هسته مرکزی حدود ۶ میکرومتر بود، طول جانبی آن کانال‌های روکش ۰,۷۵ میکرون و فاصله گام بین کانال‌های روکش ۱,۶ میکرون می‌باشد. یک قطعه PCF 8 سانتی متری در دو طرف آن با دقت بریده شد و یک سر آن به مدت ۱ دقیقه در محلول نمونه فرو رفت و با عمل مویرگی امکان پر شدن مجاری هوایی PCF را فراهم کرده است. سپس، انتهای غوطه‌ور برای اندازه‌گیری زیر میکروسکوپ رامان قرار داده شد. سیگنال‌های رامان با استفاده از سیستم Renishaw Raman (Renishaw Inc.، مدل RM2000) با یک لنز عینی ۵۰ پوندی در هندسه پراکندگی عقب

جمع آوری شده است و داده ها از مقالات جمع آوردی شده‌اند. لیزر تحریک در ۶۳۲٫۸ نانومتر با قدرت لیزر ۲ مگاوات کار می‌کرد. زمان ادغام برای هر اندازه‌گیری رامان ۳۰ ثانیه بود. برای تشخیص قله، نور تحریک لیزری مستقیماً روی سطح محلول نمونه با همان قدرت لیزر و زمان ادغام متمرکز شد. تمام طیف‌های رامان ارائه شده در این مطالعه با اصلاح اولیه انجام شد.



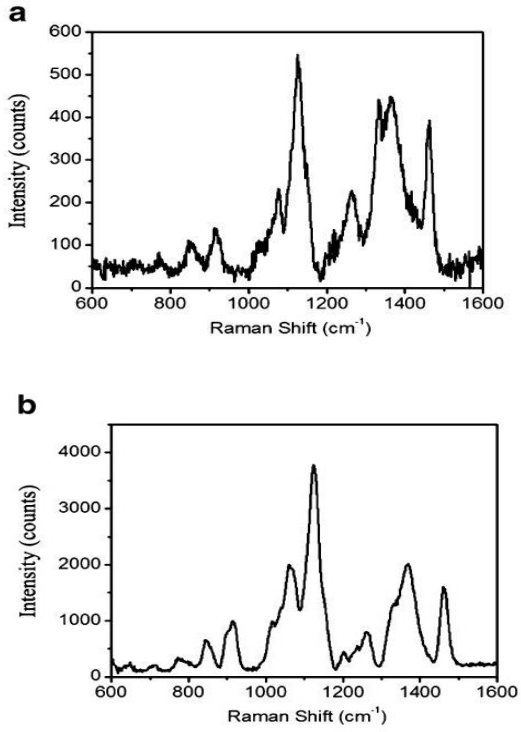
شکل ۱ شماتیک یک پروب PCF پر از مایع برای تشخیص گلوکز. بالا سمت راست نمای مقطعی کاوشگر PCF (ارائه شده توسط Crystal Fiber A/S). پایین سمت راست کانال‌های هوای PCF پر از محلول گلوکز

۴- بحث

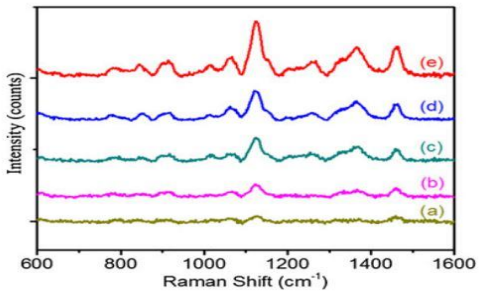
شکل ۱ شماتیک پروب PCF پر از مایع را که در تشخیص گلوکز آبی کار می‌کند نشان می‌دهد. به طور خاص، نور لیزر توسط لنز شیئی به PCF متصل شد و متعاقباً به دلیل اثر باند فوتونی فوتونی و مایع درون کانال‌های فیبر، داخل PCF هدایت شد است[۳۳]. تجزیه و تحلیل دقیق‌تر انتشار نور در داخل یک PCF پر از مایع را می‌توان در [۳۳] یافت. با محدود کردن نور لیزر و محلول نمونه در طول فیبر، می‌توان حجم متقابل لیزر - آنالیت بسیار بیشتری را در مقایسه با تشخیص قله معمولی به دست آورد که در آن حجم موثر توسط اندازه نقطه نور لیزر محدود می‌شود. جهت جانبی و عمق تمرکز در جهت طولی مشابه نور لیزری تحریک، سیگنال پراکنده رامان نیز محدود شده و (تا حدی) در PCF پر از مایع در طیف سنج رامان پخش می‌شود، که منجر به کارایی جمع آوری بالاتر از تشخیص فله می‌شود. بنابراین، به طور معمول، پروب PCF پر شده با مایع می‌تواند حساسیت را تا ۵۰-۱۰۰ برابر در مقایسه با تشخیص فله افزایش دهد [۳۳]. لازم به ذکر است که در این آزمایش، آب بندی کانال‌های روکش PCF برای ایجاد PCF هسته مایع، که به طور گسترده در گزارش‌های قبلی تشخیص PCF SERS [۲۹، ۳۱-۳۵] استفاده شده است، ضروری نیست. این به این دلیل است که هیچ نگرانی در مورد زمینه بزرگ ایجاد شده توسط برهم کنش بین نانوذرات فلزی و دیواره های سیلیس وجود ندارد که در آزمایش SERS وجود دارد [۳۳]. به این ترتیب، آماده سازی کاوشگر PCF بسیار ساده شده است. همچنین، طول معمولی فیبر ۸ سانتی متر انتخاب شده است که نه تنها برای جابجایی آسان بلکه به اندازه کافی بزرگ است تا سیگنال اشباع شده رامان را دریافت کند. شکل ۲ طیف رامان محلول های گلوکز را که در تشخیص قله و با استفاده از PCF پر از مایع در غلظت های مختلف گلوکز به دست آمده نشان می‌دهد. طیف‌ها قله‌های مشخص رامان گلوکز را نشان می‌دهند که با طیف استاندارد مطابقت دارند [۱۸]. با درنظر گرفتن قله اصلی رامان در ۱۲۷۲ سانتی متر به عنوان مرجع، PCF پر از مایع به شدت سیگنال ۳۶۴۷ (گام) در غلظت ۵۰ میلی مولار می‌رسد، در حالی که طرح تشخیص انبوه تنها شدت ۵۲۵ (گام) در غلظت ۱میلی مولار. واحدهای مورد استفاده در این دو اندازه‌گیری یکسان هستند. افزایش حساسیت برای PCF پر از مایع در تشخیص گلوکز ۱۳۹ مطابق با نتایج قبلی ما محاسبه شده است [۳۲، ۳۳]. با توجه به شدت سیگنال پایین در تشخیص انبوه، که مشابه مطالعات قبلی است و ناشی از سطح مقطع پراکندگی ذاتی رامان از گلوکز است، بنابراین پیش بردن محدودیت تشخیص گلوکز به محدوده غلظت فیزیولوژیکی (۰-۲۵ میلی مولار) بسیار زیاد است. مشکل است و عموماً نیاز به قدرت لیزر بالا و زمان ادغام طولانی دارد که برای اندازه‌گیری‌های عملی مطلوب نیست [۱۱، ۱۲]. نکته مهم این است که پروب PCF پر شده با مایع دو مرتبه حساسیت بیشتری در مقایسه با روش تشخیص رایج رامان نشان می‌دهد و حد تشخیص در محدوده غلظت فیزیولوژیکی گلوکز است. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، یک سری اندازه‌گیری محلول گلوکز رامان در غلظت‌های مختلف فیزیولوژیکی از جمله ۱، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۵ میلی مولار انجام شد. بدیهی است که قله‌های اصلی گلوکز رامان شامل ۱٫۰۶۵، ۱٫۱۲۷، و ۱٫۴۵۹ سانتی متر در غلظت های ۱ میلی مولار قابل مشاهده است. شدت رامان وابسته به

غلظت گلوکز در شکل ۴ با استفاده از قله قوی رامان در ۱۱۷۲ سانتی متر در شکل یک رسم شده است. یک رابطه خطی روشن بین شدت رامان و غلظت مشهود است، که برای اندازه گیری کمی سطح گلوکز بسیار مهم است. همچنین، پنج اندازه‌گیری برای هر نمونه PCF در غلظت‌های مختلف انجام شد. نشان داده شده است که تغییرات سیگنال رامان تنها ۰/۶ در غلظت ۱۵ میلی مولار است که عمدتا به دلیل نوسان قدرت لیزر، سر و صدای سیستم و تغییر جزئی در موقعیت PCF در زیر میکروسکوپ است. نتایج فوق تشخیص گلوکز را در غلظت های فیزیولوژیکی با طیف سنجی رامان، با کمترین قدرت لیزر (۲ میلی وات) و کوتاه ترین زمان ادغام (۳۰ ثانیه) نشان می‌دهد. این سطح عملکرد قابل مقایسه و حتی پایین‌تر از پروتکل های SERS گزارش شده است [۱۵-۲۰]. علاوه بر این، روش تشخیص PCF دارای مزایای زیر است: (۱) تشخیص PCF بدون یکنواختی و مسائل ناپایداری بستر (مشکلات رایج در تشخیص SERS) بسیار قابل تکرار است، بنابراین مشخصه کمی غلظت گلوکز را ممکن می‌سازد. (۲) آماده سازی و اندازه-گیری پروب PCF ساده‌تر از تشخیص SERS است که شامل مراحل پیچیده و زمان بری مانند ساخت بستر SERS و جذب آنالیت می‌شود. (۳) حجم نمونه مورد نیاز بسیار کم است. حداکثر حجم نمونه برداری با در نظر گرفتن حجم کل کانال‌های هوا در PCF 50 نانولتر برآورد شده است.

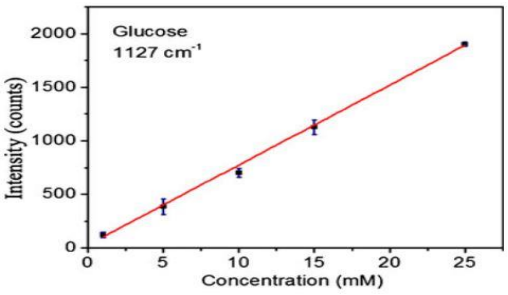
حجم نمونه برداری موثر کمتر از حداکثر مقدار است [۳۳]. (۴) مشابه دیگر سنسورهای فیبر، کاوشگر PCF دارای مزایای منحصر به فرد انعطاف پذیری و قابلیت سنجش از راه دور بالقوه است. برای نشان دادن ویژگی مولکولی طیف سنجی Raman با کاوشگر مایع PCF، ما فروکتوز را به عنوان قند رقیب در محلول انتخاب کردیم. شکل ۵ به ترتیب طیف رامان گلوکز (۱۰ میلی مولار)، فروکتوز (۱۰ میلی مولار) و مخلوطی از گلوکز (۵ میلی مولار) و فروکتوز (۵ میلی مولار) را نشان می‌دهد. طیف رامان گلوکز و فروکتوز را می‌توان به راحتی تشخیص داد و با گزارشات قبلی سازگار است [۱۱، ۳۶]. سیگنال رامان مخلوط تقریباً نیمی از مجموع سیگنال-های رامان جداگانه این دو مولکول در ۱۰ میلی مولار است، زیرا غلظت‌ها به میزان ۲ کاهش می‌یابد. این کار نشان می‌دهد که کاوشگر PCF می‌تواند گلوکز را در غلظت‌های فیزیولوژیکی به خوبی تشخیص دهد. به عنوان اثر گلوکز و آن را از فروکتوز متمایز کنید. اجرای این روش PCF در سرم یا نمونه خون به وضوح مورد توجه است، اما بسیار پیچیده‌تر است و در مرحله بعدی دنبال خواهد شد. مطالعه اخیر توسط تانی و همکاران [۳۷] نتایج امیدوار کننده‌ای در مورد عملکرد طرح PCF در نمونه‌های سرم نشان داده است. علاوه بر این، استفاده از مجموعه داده‌های طیف سنجی Raman با ابعاد بالا در چنین مایعات بیولوژیکی بسیار پیچیده است و یک روش طبقه بندی مناسب، مانند تجزیه و تحلیل اجزای اصلی، در مطالعات آینده اعمال می شود [۳۸،۳۹].



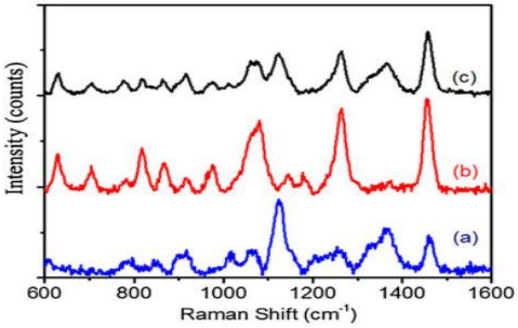
شکل ۲ طیف رامان محلول های گلوکز جمع آوری شده توسط طیف سنجی معمولی رامان در غلظت گلوکز ۱میلی مولار (a) و پروب PCF مایع پر شده در غلظت گلوکز ۵۰ میلی مولار (b)



شکل ۳ طیف رامان محلول‌های گلوکز جمع آوری شده توسط کاوشگر مایع PCF در غلظت‌های مختلف: ۱ میلی مولار (a)، ۵ میلی مولار (ب)، ۱۰ میلی مولار (ج)، ۱۵ میلی متر (د)، ۲۵ میلی مولار (ه)



شکل ۴ شدت رامان وابسته به غلظت گلوکز ($1/127 \times cm^{-1}$) که توسط کاوشگر PCF پر از مایع اندازه‌گیری می‌شود. هر داده پنج اندازه گیری را برای هر نمونه PCF نشان می‌دهد. هر نوار خطا انحراف استاندارد را نشان می‌دهد



شکل ۵ طیف رامان گلوکز (۱۰ میلی مولار) (الف)، فروکتوز (۱۰ میلی مولار) (ب)، و مخلوطی از گلوکز (۵ میلی مولار) و فروکتوز (۵ میلی مولار) (ج) اندازه‌گیری شده بوسیله کاوشگر PCF پر از مایع

۵- نتیجه‌گیری

به طور خلاصه، ما نشان داده ایم که PCF یک ابزار قدرتمند برای تشخیص کمی گلوکز در محدوده غلظت فیزیولوژیکی مربوطه با استفاده از طیف سنجی Raman است. با توجه به حساسیت بالا و فشردگی پروب PCF پر شده با مایع، اندازه‌گیری‌ها را می‌توان تحت قدرت لیزر کم (۲ میلی وات)، زمان ادغام کوتاه (۳۰ ثانیه) و حجم نمونه‌گیری کوچک (۵۰ نانولتر) انجام داد. ویژگی مولکولی این روش تشخیص گلوکز را در محلول مخلوط گلوکز-فروکتوز امکان پذیر می‌کند. با بهینه سازی طراحی کاوشگر PCF جهت به حداقل رساندن جذب و اتلاف انتشار، می‌توان به بهبود بیشتر در حد تشخیص دست یافت. علاوه بر این، پروب PCF را می‌توان با تکنیک‌های SERS برای افزایش حساسیت ادغام کرد، که برای تشخیص بالقوه گلوکز در ادرار، اشک یا عرق مهم است. علاوه بر این، اجرای بالقوه یک سیستم قابل حمل PCF Raman برای نظارت بر بالینی گلوکز مهم خواهد بود. [۴۰]

۶- منابع

[1] Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H (2004) Diabetes Care 27:1047–1053
[2]WangJ (2008) Chem Rev 108:814–825
[3] Steffes PG(1999)Diabetes Technol Ther 1:129–133
[41] Klonoff DC, Braig J, Sterling B, Kramer C, Goldberger D,Trebino R (1998) IEEE LEOS Newsletter 12:13–14
[5] Lambrecht A, Beyer T, Hebestreit K, Mischler R, Petrich W(2006) Appl Spectrosc 60:729736
[6] Vrančić C, Fomichova A, Gretz N, Herrmann C, Hoecker S, PucciA, Petrich W (2011) Analyst 136:1192–1198
[7] Cameron BD, Gorde HW, Satheesan B, Cote GL (1999) DiabetesTechnol Ther 1:125–143
[8] Russell RJ, Pishko MV, Gefrides CC, McShane MJ, Cote GL(1999) Anal Chem 71:3126–3132
[9] Tong A, Yamauchi A, Hayashita T, Zhang Z, Smith B, Teramae N(2001) Anal Chem73:1530–1536
[10] Schrader B, Bougeard D (1995) Infrared and Raman spectroscopy: methods and applications.Weinheim,VCH,787pp
[11] Berger AJ, Koo TW, Itzkan I, Horowitz G, Feld MS (1999) ApplOpt 38:2916–2926
[12]LambertJ,Storrie-LombardiM,BorchertM(1998)IEEELEOSNewsletter12:19–22
[13] Campion A, Kambhampati P (1998) Chem Soc Rev 27:241–250
[14] Kneipp K, Kneipp H, Itzkan I, Dasari RR, Feld MS (2002) J Phys:Condens Matter 14:R597–R624
[15] Shafer-Peltier KE, Haynes CL, Glucksberg MR, Van Duyne RP(2003) J Am Chem Soc 125:588–593
[16] Yonzon CR, Haynes CL, Zhang XY, Walsh JT, Van Duyne RP(2004) Anal Chem 76:78–85
[17] Stuart DA, Yonzon CR, Zhang X, Lyandres O, Shah NC,Glucksberg MR, Walsh JT, Van DuyneRP(2005)AnalChem77:4013–4019
[18] Lyandres O, Yuen JM, Shah NC, Van Duyne RP, Walsh JT,Glucksberg MR (2008) Diabetes TechnolTher10:257–265
[19] Yuen JM, Shah NC, Walsh JT, Glucksberg MR, Duyne RP (2010)Anal Chem 82:8382–8385
[20] Dinish US, Yaw FC, Agarwal A, Olivo M (2011) BiosensBioelectron 26:1987–1992
[21]. Birks TA, Roberts PJ, Russell PSJ, Atkin DM, Shepherd TJ(1995) Electron Lett 31:1941–1943
[22] Cregan RF, Mangan BJ, Knight JC, Birks TA, Russell PSJ,Roberts PJ, Allan DC (1999) Science285:1537–1539
[23] Ritari T, Tuominen J, Ludvigsen H, Petersen JC, SorensenT, Hansen TP, Simonsen HR (2004)OptExpress12:4080–4087
[24] Jensen JB, Pedersen LH, Hoiby PE, Nielsen LB,

Hansen TP,Folkenberg JR, Riishede J, Noordegraaf D, Nielsen K, Carlsen A,Biarkley A (2004) Opt Lett 29:1974–1976
[25] Smolka S, Barth M, Benson O (2007) Appl Phys Lett 90:111101
[26] Konorov SO, Addison CJ, Schulze HG, Turner RFB, Blades MW(2006) Opt Lett 31:1911–1913
[27]PristinskiD,DuH(2006)OptLett31:3246–3248
[28] Amezua-Correa A, Yang J, Finlayson CE, Peacock AC, Hayes JR,Sazio PJA, Baumberg JJ,HowdleSM(2007)AdvFunctMater14:2024–2030
[29] Han Y, Tan S, Oo MKK, Pristinski D, Sukhishvili S, Du H (2010)Adv Mater 22:2647 2651
[30] Yan H, Liu J, Yang C, Jin G, Gu C, Hou L (2008) Opt Express16:8300–8305
[31] Zhang Y, Shi C, Gu C, Seballos L, Zhang JZ (2007) Appl PhysLett 90:193504
[32] Shi C, Lu C, Gu C, Tian L, Newhouse R, Chen S, Zhang JZ(2008) Appl Phys Lett93:153101
[33] Yang X, Shi C, Wheeler D, Newhouse R, Chen B, Zhang JZ, GuC (2010) J Opt Soc AmA977–984
[34] Yang X, Shi C, Newhouse R, Zhang JZ, Gu C (2011) Int J Opt2011:754610
[35] Yang X, Gu C, Qian F, Li Y, Zhang JZ (2011) Anal Chem83:5888–5894
[36] Mathlouthi M, Luu DV (1980) Carbohydr Res 78:225–233
[37] Khetani A, Tiwari VS, Harb A, Anis H (2011) Opt Express19:15244–15254
[38] Patel II, Martin FL (2010) Analyst 135:3060–3069
[39] Patell II, Trevisan J, Singh PB, Nicholson CM, Krishnan RK,Matanhelia SS, Martin FL (2011)AnalBioanalChem401:969–982
[40] Yang X, Tanaka Z, Newhouse R, Xu Q, Chen B, Chen S, ZhangJZ, Gu C (2010) Rev Sci Instrum 81:123103

KNO-1001-3906

مدلسازی بهینه برنامه پاسخگویی بار زمان استفاده (TOU) و مسئله توزیع بار اقتصادی هزینه آلودگی دینامیک (DEED)

احسان ده نوی[۱]، حمدی عبدی[۲]، فرید محمّدی[۳]
دانشکده فنی و مهندسی
دانشگاه رازی
کرمانشاه، ایران

چکیده: امروزه شبکه‌های هو شمند[۱](*SGs*) الکتریکی در حل م شکلات شبکه‌های الکتریکی سنّتی از جمله هزینه‌های تولید و م صرف بالا، تلفات بالا، کنترل و ارائهٔ سرویس محدود، ارتباط یک طرفه، قرائت ح ضوری کنتورهای برق، قابلیّت اطمینان پایین در زمان‌های اوج بار و در نتیجه خامو شی‌های جزئی و کلی ب سیار مؤثر می‌با شند. اجرای هو شمندانهٔ برنامه‌های پا سخگویی بار نقش مهمّی در کاهش هزینه‌ها و افزایش قابلیّت اطمینان شـــبکه ایفا می‌کند. در این مقاله، مدل تلفیقی برنامهٔ پاســـخگویی بار زمان ا ستفاده[۱] (*TOU*) و م سئلهٔ توزیع بار اقتصادی هزینه-آلودگی دینامیک[۱](*DEED*) ارائه شده ا ست. در مدل تلفیقی، هزینهٔ تولید و آلودگی حداقل شده و نرخ قیمت بهینه در دوره‌های مختلف نیز به صورت همزمان تعیین می‌گردد. با در نظر گرفتن انواع شرایط غیرخطی از قبیل اثر نقطه-دریچه، نواحی ممنوعهٔ عملکرد و ذخیرهٔ چرخان، م سئله به یک م سئلهٔ کاملاً غیرخطی و پیچیده تبدیل می‌گردد که با ا ستفاده از الگوریتم رانش ت صادفی انبوه ذرات[۱] (*RDPSO*) حل شده ا ست. مدل نهایی به یک سی ستم ده واحدی اعمال گردیده و نتایج فواید اجرای مدل نهایی را به اثبات می‌رساند.

واژه‌های کلیدی: پاســخگویی بار زمان اســتفاده؛ توزیع بار اقتصــادی هزینه-آلودگی دینامیک؛ شــرایط غیرخطی؛ الگوریتم رانش تصادفی انبوه ذرات

۱. مقدمه

پاسخگویی بار به معنی مشارکت مصرف کنندگان در اصلاح الگوی مصرف خود در زمان‌های پیک بار به منظور نیل به قیمت‌های مناسب و بهبود قابلیّت اطمینان شبکه می‌باشد. این مشارکت در اثر تغییر قیمت برق در دوره‌های مختلف و یا در قبال دریافت‌های تشویقی و جریمه‌های وضع شده از سوی شرکت برق می‌باشد[۱].
برنامه‌های پاسخگویی بار به دو گروه اصلی برنامه‌های مبتنی بر تشویق و برنامه‌های مبتنی بر قیمت تقسیم می‌گردند و هر کدام شامل برنامه‌هایی می‌باشند.
تعیین نرخ قیمت بهینهٔ دوره‌های مختلف (کم باری، میان باری و پیک بار) در برنامه‌های مبتنی بر قیمت، باید بر اساس یک رویکرد اقتصادی و قابل اجرا باشد. در غیر این صورت ممکن است هزینه‌های اضافی بالایی را در سمت تولید تحمیل کند و یا اینکه پس از پایان برنامه، با اضافه شدن ناگهانی مصرف کنندگان، پیک‌های جدیدی در منحنی بار ایجاد گردد و به تبع آن قابلیّت اطمینان شبکه کاهش یابد[۲].
از آنجایی که برنامهٔ پاسخگویی بار زمان استفاده و توزیع بار اقتصادی هزینه-آلودگی دینامیک به ترتیب به سمت مصرف و تولید تمرکز دارند، به منظور ارائهٔ یک مدل مفهومی و یک راه حل اساسی برای حل مشکل فوق، تلفیق این دو برنامه و اجرای هوشمندانهٔ TOU بسیار کاربردی و مفید به نظر می‌رسد.
یکی دیگر از اثرات مهّم اجرای هوشمندانهٔ برنامه‌های پاسخگویی بار بهبود شرایط ذخیرهٔ چرخانِ سیستم در ساعات پیک بار و در

نتیجه افزایش قابلیّت اطمینان شبکه می‌باشد. این مفهوم نیز در این مقاله مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است.

مدل تلفیقی مسئلهٔ DEED با TOU یک مسئلهٔ بهینه‌سازی غیرخطی، ناصاف و غیر محدّب می‌باشد که با روش‌های کلاسیک قابل حل نیست[۴-۳]. در همین راستا در این مقاله، مدل ترکیبی با استفاده از الگوریتم فرا کاوشی رانش تصادفی انبوه ذرات (RDPSO) [۵] حل شده است. در مدل نهایی، هزینه‌های تولید و آلودگی حداقل شده و نرخ قیمت بهینه در دوره‌های مختلف نیز به صورت همزمان تعیین می‌گردد. لازم به ذکر است که مدل تلفیقی برنامهٔ DEED و TOU با در نظر گرفتن تمامی شرایط غیرخطیِ عملی از قبیل اثر نقطه-دریچه، نواحی ممنوعهٔ عملکرد و ذخیرهٔ چرخان برای اولین بار در این مقاله بررسی شده است.

۲- مدل اقتصادی بار

مدلسازی بارهای پاسخگو بر اساس ماتریس الاستیسیته تقاضا[۱] (PEM)، یکی از کاربردی‌ترین و قوی‌ترین روش‌ها در این زمینه می‌باشد. همچنین برای بدست آوردن مصرف بهینه در سمت تقاضا، الاستیسیته به صورت حساسیت تقاضا نسبت به تغییرات قیمت طبق (۱) تعریف می‌شود[۷-۵].

$$E(t,t') = \frac{\rho_0(t')}{d_0(t)} \frac{\partial d(t)}{\partial \rho(t')} \qquad (۱)$$

$$\begin{cases} E(t,t') \le 0 \ \ if \ t = t' \\ E(t,t') \ge 0 \ \ if \ t \ne t' \end{cases}$$

در رابطهٔ فوق: E الاستیسیته؛ $d(t)$ و $d_0(t)$ تقاضای مصرف کننده بعد و قبل از اجرای DRP؛ $\rho(t')$ و $\rho_0(t')$ قیمت برق بعد و قبل از اجرای DRP در طول پریود t' می‌باشند.

برای ۲۴ ساعت شبانه روز، الاستیسیته خودی و متقابل می‌توانند به صورت یک ماتریس ۲۴×۲۴ طبق (۲) نمایش داده شوند.

$$\begin{bmatrix} \frac{\Delta d(1)}{d_0(1)} \\ \frac{\Delta d(2)}{d_0(2)} \\ \frac{\Delta d(3)}{d_0(3)} \\ \cdots \\ \frac{\Delta d(24)}{d_0(24)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E(1,1) & \cdots & E(1,24) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E(24,1) & \cdots & E(24,24) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \frac{\Delta \rho(1)}{\rho_0(1)} \\ \frac{\Delta \rho(2)}{\rho_0(2)} \\ \frac{\Delta \rho(3)}{\rho_0(3)} \\ \cdots \\ \frac{\Delta \rho(24)}{\rho_0(24)} \end{bmatrix} \qquad (۲)$$

سود کلی مصرف کننده به صورت (۳) بدست می‌آید.

$$NP(t) = B\big(d(t)\big) - d(t)\rho(t) \qquad (۳)$$

که در آن B سودی است که مشتریان با مصرف بار بدست می‌آورند. برای حداکثر نمودن سود، مشتق (۳) نسبت به تقاضا باید صفر باشد.

$$\frac{\partial NP}{\partial d(t)} = \frac{\partial B\big(d(t)\big)}{\partial d(t)} - \rho(t) = 0 \qquad (۴)$$

$$\frac{\partial B\big(d(t)\big)}{\partial d(t)} = \rho(t) \qquad (۵)$$

سری تیلور B به صورت (۶) می‌باشد.

$$B(d(t)) = B\big(d_0(t)\big) + \frac{\partial B(d_0(t))}{\partial d(t)}[d(t) - d_0(t)] + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 B(d_0(t))}{\partial d^2(t)}[d(t) - d_0(t)]^2 \qquad (۶)$$

برای تعیین مصرف بهینه، که توسط آن مصرف کنندگان حداکثر سود را بدست می آورند، طبق (۶) داریم:

$$B(d(t)) = B\big(d_0(t)\big) + \rho_0(t)[d(t) - d_0(t)] + \frac{1}{2}\frac{\rho_0(t)}{E(t,t)d_0(t)}[d(t) - d_0(t)]^2 \qquad (۷)$$

با مشتق گیری از (۷):

[۱] Price Elasticity Matrix

$$\frac{\partial B(d(t))}{\partial d(t)}=\rho_0(t)\left(1+\frac{d(t)-d_0(t)}{E(t,t)d_0(t)}\right) \quad (۸)$$

سرانجام مدل نهایی با توجه به (۵) و (۸) طبق (۹) محاسبه (۱) می‌شود.

$$d(t)=d_0(t)\times\left\{1+\sum_{t'=1}^{24}E(t,t')\times\frac{[\rho(t')-\rho_0(t')]}{\rho_0(t')}\right\} \quad (۹)$$

۳. فرمول‌بندی مدل تطبیقی TOU و DEED

در این بخش فرمولاسیون مدل تلفیقی بهینهٔ DEED و TOU ارائه می‌شود، که در آن هزینه‌های تولید و آلودگی حداقل شده و نرخ قیمت بهینه در دوره‌های مختلف نیز به صورت همزمان تعیین می‌گردد.

تابع هدف نهایی مدلِ تلفیقی، با در نظر گرفتن هزینهٔ سوخت و آلودگی واحدهای تولیدی و هزینهٔ اجرای TOU طبق (۱۰) تعریف می‌شود.

$$TOF=\sum_{t=1}^{T}\begin{cases}\omega_F\times\left[\sum_{i=1}^{N_g}\left\{a_i+b_iP_{i,t}+c_i(P_{i,t})^2+\left|d_i\sin\left(e_i\right.\right.\right.\right. \\ \qquad +\omega_F\times C_{TOU}(t) \\ \omega_E\times\sum_{i=1}^{N_g}\left[pff(i)*\left(\alpha_i+\beta_iP_{i,t}+\gamma_i(P_{i,t})^2\right.\right.\end{cases} \quad (۱۰)$$

عبارت اول (۱۰) تابع هزینهٔ سوخت واحدها (بر حسب دلار) بوده و در آن a_i, b_i, c_i, d_i و e_i ضرایب تابع هزینه؛ P_i^{min} حداقل توان تولیدی؛ P_i خروجی توان؛ Ng تعداد ژنراتورها؛ T پریود کاری واحد i ام می‌باشند. عبارت دوم (۱۰) هزینه اجرای برنامهٔ TOU (بر حسب دلار) بوده که در ادامه شرح داده خواهد شد. عبارت سوم (۱۰) تابع آلودگی واحدها (بر حسب تن) بوده و در آن α_i، β_i، γ_i، η_i و δ_i ضرایب منحنی آلودگی واحدها می‌باشند.

همچنین $\omega_F+\omega_E=1$ و pff ضریب جریمهٔ قیمتِ هر واحد تولیدی است، که بصورت (۱۱) محاسبه می‌گردد. در واقع بکار گیری این ضریب به دلیل هم واحد نمودن آلودگی (تن) و هزینه (دلار) در مورد مطالعاتیِ حداقل نمودن همزمان هزینه-آلودگی می‌باشد.

$$pff(i)=\frac{F_i(P_i^{max})}{E_i(P_i^{max})}=\frac{a_i+b_iP_i^{max}+c_i(P_i^{max})^2+|d_i\sin(e_i(P_i^{min}-}{\alpha_i+\beta_iP_i^{max}+\gamma_i(P_i^{max})^2+\eta_i\exp(\delta_iP_i^{m}}$$

برای محاسبهٔ قیمت بهینه در دوره‌های مختلف، پارامتر σ به منظور تغییر قیمت در پریودهای مختلف طبق (۱۲) بکار گرفته می‌شود. به عبارتی دیگر یکی از اهداف اصلی الگوریتم بهینه سازی تعیین مقدار بهینهٔ این پارامتر می باشد.

طبق تعریف، نحوه طراحی برنامه زمان استفاده، تغییر قیمت فروش انرژی الکتریکی در دوره‌های مختلف می‌باشد. بنابراین ماتریس قیمت پریودهای پیک و دره توسط متغیر σ را به صورت (۱۲) تعریف می‌کنیم.

$$PRC_{TOU}=\begin{bmatrix}\rho_{Peak}\\ \rho_{Off-Peak}\\ \rho_{Valley}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\rho_{Peak0}+\sigma\\ \rho_{Off-Peak0}\\ \rho_{Valley0}-\sigma\end{bmatrix} \quad (۱۲)$$

که در آن ρ_{Peak0}، $\rho_{Off-Peak0}$ و $\rho_{Valley0}$ قیمت انرژی الکتریکی قبل از اجرای برنامه TOU به ترتیب در پریودهای پیک بار، میان باری و کم باری می‌باشند.

همانطور که در (۱۲) مشاهده می‌شود؛ این رویکرد قیمت دهی با اصلاح قیمت در دوره های مختلف مشتریان را به اصلاح الگوی مصرف (کاهش بار در زمان پیک و یا انتقال آن به زمان‌های غیر پیک) ترغیب می‌کند.

از آنجایی که در برنامهٔ TOU پرداختی مستقیمی به عنوان پاداش و یا دریافتی به عنوان جریمه وجود ندارد، لذا این برنامه دارای هزینهٔ اجرایی نمی‌باشد. اما برای بررسی صرفهٔ اقتصادی اجرای برنامه، باید هزینه آن را در قالب کاهش درآمد شرکت برق در تابع هدف نهایی اعمال کنیم. به عبارت دیگر هزینهٔ اجرای TOU در این حالت طبق (۱۳) می باشد (تابع هدف (۱۰) را ببینید).

$$C_{TOU}(t)=\rho_0(t).d_0(t)-\rho(t).d(t) \quad (۱۳)$$

که در آن $\rho_0(t)$ و $\rho(t)$ به ترتیب قیمت‌های قبل و بعد از اجرای برنامه TOU، $d_0(t)$ و $d(t)$ مقادیر بار قبل و بعد از اجرای برنامهٔ TOU می‌باشد.

رابطهٔ (۱۰) ملزم به برآورده نمودن قیدهای (۱۴) تا (۲۲) می باشد؛

قید تساوی بار:

$$\sum_{i=1}^{Ng}(P_{i,t}) - P_{D,t} - P_{Loss,t} = 0 \quad , \quad t = 1, \dots, T \qquad (۱۴)$$

در رابطهٔ فوق $P_{D,t}$ و $P_{Loss,t}$ به ترتیب بار مورد تقاضا و توان اتلافی خطوط انتقال در دورهٔ tام می‌باشند. فرمول تلفات معمولاً با استفاده از رابطهٔ تلفات کرون (Kron's loss formula)، طبق (۱۵) محاسبه می‌شود.

$$P_{Loss,t} = \sum_{i=1}^{Ng}\sum_{j=1}^{Ng} P_{i,t}B_{i,j}P_{j,t} \qquad (۱۵)$$

که در آن $B_{i,j}$، ضریب تلفات توانی شبکهٔ انتقال می‌باشد.

قید حدود پارامتر σ (معادلهٔ (۱۲) را ببینید):

$$\sigma(t)^{min} < \sigma(t) \leq \sigma(t)^{max} \qquad (۱۶)$$

در این مقاله $\sigma(t)^{min}$ و $\sigma(t)^{max}$ برابر با ۱۵ دلار بر مگاوات ساعت (قیمت برق زمان کم باری) و ۰,۲۵ دلار بر مگاوات ساعت در نظر گرفته شده‌اند.

قید ظرفیت تولید نیروگاه‌ها:

$$P_i^{min} \leq P_{i,t} \leq P_i^{max} \quad i = 1,2 \dots Ng \qquad (۱۷)$$

که در آن P_i^{min} و P_i^{max} حدودِ پایین و بالای واحد i ام می‌باشند..

قید نواحی ممنوعهٔ عملکرد (*POZs*):

نواحی عملکرد مجاز مربوط به ژنراتور iام به صورت (۱۸) تعریف می‌شود.

$$\begin{cases} P_{(i,t)}^{min} \leq P_{i,t} \leq P_{(i,t),1}^{l} & or \\ P_{(i,t),q-1}^{u} \leq P_{i,t} \leq P_{(i,t),q}^{l} & or \\ P_{(i,t),n_i}^{u} \leq P_{i,t} \leq P_{(i,t)}^{max} \end{cases} \qquad (۱۸)$$

$$i = 1, \dots, Ng, \quad t = 1, \dots, T \quad , \quad q = 2,3, \dots, n_i$$

برای هر واحدِ تولیدی، n_i مشخص کنندهٔ تعداد نواحی عملکرد ممنوعه است.

قید نرخ شیب:

قید نرخ شیب برای واحد iام، مشخص کنندهٔ حداکثر افزایش یا کاهش توان تولیدی از هر دوره زمانی به دوره بعد است، که در (۱۹) بیان شده است.

$$\begin{cases} P_{i,t-1} - P_{i,t} \leq DR_i & \text{در صورت کاهش تولید} \\ P_{i,t} - P_{i,t-1} \leq UR_i & \text{در صورت افزایش تولید} \end{cases} \qquad (۱۹)$$

UR_i و DR_i به ترتیب حداکثر افزایش و کاهش توانِ مجاز واحد تولیدی iام می‌باشند (MW/h).

قید ذخیرهٔ چرخان:

برای اطمینان از اینکه در صورت از دست رفتن یک واحد تولیدی، بقیّهٔ واحدها قادر به جبران توان از دست رفته در یک بازهٔ زمانی مشخّص (مثلاً ۱۰یا ۶۰ دقیقه) باشند، ذخیرهٔ چرخان باید به عنوان یک قید اضافی در نظر گرفته شود. در این مقاله، قید ذخیرهٔ چرخان برای مسئلهٔ DEED توسط سه رابطهٔ زیر بیان شده‌است[۸].

$$D_t^{(1)} = \sum_{i=1}^{Ng} P_i^{max} - \left(P_{D,t} + P_{Loss,t} + SRR_t\right) \geq 0, \; t = 1, \dots, T \qquad (۲۰)$$

$$D_t^{(2)} = \sum_{i=1}^{Ng}(\min(P_i^{max} - P_{i,t}, UR_i)) - SRR_t \geq 0, \; t = 1, \dots, T \qquad (۲۱)$$

$$D_t^{(3)} = \sum_{i=1}^{Ng}(\min(P_i^{max} - P_{i,t}, \frac{UR_i}{6})) - SRR'_t \geq 0, \; t = 1, \dots, T \qquad (۲۲)$$

معمولاً قیدهای (۲۰) و (۲۱) جهت برآورده کردن شرط زمان جبران ۶۰ دقیقه‌ای به مسألهٔ DEED اعمال می‌شوند. به کار بردن (۲۲) موجب برآورده شدن شرط زمان جبران ۱۰ دقیقه‌ای شده و مقدار آن وابسته به حداکثر افزایش توان مجاز واحدهای تولیدی است.

۴. روند حل مسئله تطبیقی TOU-DEED

درمسئلهٔ DEED-TOU، خروجی واحدها در هر ساعت تشکیل یک بردار می‌دهد که می‌توان آن را به عنوان گروه ذرات در نظر گرفت. تعداد متغیّرهای هر ذره نیز برابر با تعداد نیروگاه‌ها در نظر گرفته می‌شود. جهت برآورده نمودن شرط تساوی بار، باید تابعِ ارزیابی زیر توسط الگوریتم RDPSO کمینه گردد.

$$EF(P_{i,t}) = \sum_{t=1}^{T} \left\{ \sum_{i=1}^{N_g} TOF(P_{i,t}) + K_n . abs\left(\sum_{i=1}^{N_g} P_{i,t} - P_{D,t} - P_{L,t} \right) \right. \quad (۲۳)$$

که در آن K_n ضریب جریمه بوده که یک عدد حقیقی مثبت می‌باشد. مقدار K_n در هر ساعت با تعداد تکرار الگوریتم افزایش می‌یابد. اگر شرط تساوی غیر صفر باشد، مقدار ترم دوم تابع ارزیابی نیز غیر صفر می‌باشد. به عبارت دیگر هر ذره که شرط تساوی را برقرار نکند، یک تابع ارزیابی بزرگ خواهد داشت. در این صورت ذره مذکور جزء جواب‌های بهینه نبوده و در نتیجه از الگوریتم بهینه‌سازی دور انداخته می‌شود. به طور مشابه هر ذره که شرط تساوی را برآورده کند، یک تابع ازریابی کوچک خواهد داشت و احتمالاً نگه داشته خواهد شد. K_n می تواند به صورت (۲۴) نوشته شود.

$$K_n = 100 \times \sqrt{n} \quad n = 1,2 \ldots N_{iter} \quad (۲۴)$$

که در آن N_{iter}حداکثر تعداد تکرارهای الگوریتم RDPSO در هرساعت می‌باشد. به منظور کسب اطلاعات بیشتر در مورد الگوریتم RDPSO به [۹] مراجعه کنید.

برای حل مسئلهٔ تلفیقی و برآورده نمودن قیود، ۹ مرحله به صورت زیر پیشنهاد می‌گردد.

مرحله۱. تعریف داده‌های اولیه واحدها، منحنی بار روزانه، قیمت اولیّه برق، ماتریس الاستیسیته قیمت، تنظیم مقدار اولیه پارامتر سیگما در مقدار صفر، تنظیم تعداد ساعات مورد مطالعه برای یک شبانه روز (T=24)، تعیین تعداد تکرارهای الگوریتم بهینه‌سازی (iteration در این مقاله برابر ۱۰۰ در نظر گرفته شده است).

مرحله۲. افزایش مقدار پارامتر σ به اندازه گام تغییرات آن توسط ISO. در این مقاله گام تغییرات ۰/۲۵ دلار بر مگاوات ساعت در نظر گرفته شده است ($\sigma = \sigma + 0.25$).

مرحله۳. تنظیم شماره ساعت بر روی صفر ($t=0$).

مرحله۴. $t=t+1$.

مرحله۵. مشخص کردن مقدار تقاضای بار در هر ساعت توسط (۹).

مرحله۶. تعیین جمعیت اولیه الگوریتم بهینه‌سازی (مجموعه‌ای از جواب‌های ممکن مسئله DEED-TOU) مطابق ۶ گام بصورت زیر:

گام۱. k=1 (k نشانگر شماره کاندید در جمعیت است.)؛ گام۲. مطابق توضیحات قبل، کاندید kام را به طور تصادفی و در بازه مجاز توان هر نیروگاه تولید کن؛ گام۳. محاسبه تلفات خط انتقال برای کاندید kام.؛ گام۴. برای کاندید kام قیود نواحی ممنوعه، نرخ شیب و ذخیرهٔ چرخان را بررسی کن؛ گام۵. اگر تمامی قیود گام۴ رعایت شده‌اند، یک واحد به k اضافه کن ($k=k+1$)؛ گام۶. اگر مقدار k، کوچکتر یا مساوی اندازه جمعیت انتخابی است، به گام۲ برگرد.

مرحله۷. اجرای حلقه اصلی الگوریتم بهینه‌سازی انتخاب شده.

گام۱. iteration=1؛ گام۲. $k=1$ (k نشانگر شماره‌ی کاندید در جمعیت است)؛ گام۳. محاسبه تلفات خط انتقال برای کاندید kام؛ گام۴. تعیین هزینه اجرای برنامه‌پاسخگویی‌بار؛ گام۵. محاسبه مقدار تابع ارزیابی برای هر کاندید توسط (۲۳)؛ گام۶. جهش مقدار کاندید kام به منظور همگرایی مقدار تابع هدف آن به بهینه‌ترین حالت؛ گام۷. برای کاندید kام قیود نواحی ممنوعه (در صورت عبور از حدود، آن را بر روی مقدار مرزی تنظیم کن.)، نرخ شیب و ذخیره چرخان را بررسی کن؛ گام۸. اگر تمامی قیود گام۷ رعایت شده‌اند، یک واحد به k اضافه کن ($k=k+1$)؛ گام۹. اگر مقدار k، کوچکتر یا مساوی اندازه جمعیت انتخابی است، به گام۳ برگرد؛ گام۱۰. تعیین بهترین کاندید (کمترین مقدار تابع ارزیابی) توسط الگوریتم بهینه‌سازی درپایان هر تکرار؛ گام۱۱. یک واحد به iteration اضافه کن (iteration = iteration +1)؛ گام۱۲. اگر تعداد تکرارها تمام نشده است، به گام۲ برگرد. در غیر این صورت بهترین کاندید را برای ساعت tام ذخیره کن.

مرحله۸. اگر مقدار t برابر با T نیست، به مرحله ۴ برگرد. در غیر این صورت جواب کل (برنامه تولید واحدها طی ۲۴ ساعت) را برای میزان پارامتر σ مربوطه ذخیره کن.

مرحله۹. اگر مقدار σ برابر با مقدار بیشینه در (۱۶) نیست، به مرحله ۲ برگرد. در غیر این صورت مقدار پارامتر σ متناظر بهترین جواب کل را به عنوان پارامتر σ بهینه انتخاب کن و تمامی نتایج و پارامترهای خروجی را به ازای این مقدار پارامتر σ چاپ کن.

۵- نتایج و مطالعات عددی

برای بررسی اثرات اجرای هوشمندانهٔ *TOU* روی هزینه و هزینه-آلودگی، دو مورد مطالعاتی با اهداف حداقل نمودن هزینه ($\omega_E = 0$ و $\omega_F = 1$) و هزینه آلودگی ($\omega_E = 0.5$ و $\omega_F = 0.5$) در نظر گرفته شده اند (تابع هدف معرفی شده در (۱۰) را ببینید.).

برای نشان دادن ویژگی ها و فواید عملی مدل معرفی شده، مدل به یک سیستم ۱۰ ژنراتوره اعمال شده است. سیستم از *[۱۰]* با برخی اصلاحات استخراج شده است. مشخصات ژنراتورها در پیوست مقاله آورده شده است. ضرایب تلفات خطوط انتقال نیز در *[۱۱]* موجود است. *SSRs* حداقل ۱۰ و ۶۰ دقیقه (SRR_t و SRR'_t)، به ترتیب در مقادیر *5%* و $5\% \times (\frac{10}{60})$ بار در هرساعت تنظیم شده‌اند. علاوه بر این، مقادیر عناصر ماتریس *PEM* نیز در جدول ۱ آمده‌اند *[۱۲،۱۳]*.

جدول ۱: مقادیر الاستیسیته خودی و متقابل

	پیک بار	بار میانه	کم باری
پیک بار	-۰/۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱۲
بار میانه	۰/۰۱۶	-۰/۱	۰/۰۱
کم باری	۰/۰۱۲	۰/۰۱	-۰/۱

منحنی بار روزانه به سه دورهٔ: کم باری (۶-۰) ؛بار میانه (۲۰-۱۶ و ۱۰-۶)؛ و پیک بار (۲۴-۲۰ و ۱۶-۱۰) تقسیم شده است. پتانسیل اجرایِ برنامهٔ *DR* ۲۰ درصد در نظر گرفته شده است. به عبارتی دیگر۲۰ درصد از مشتریان در برنامه *TOU* شرکت می کنند. قیمت اولیّهٔ برق نیز در سه دوره ی کم باری، میان باری و پیک بار به ترتیب برابر با ۱۵، ۲۵ و ۳۵ دلار بر مگاوات ساعت در نظر گرفته شده است.

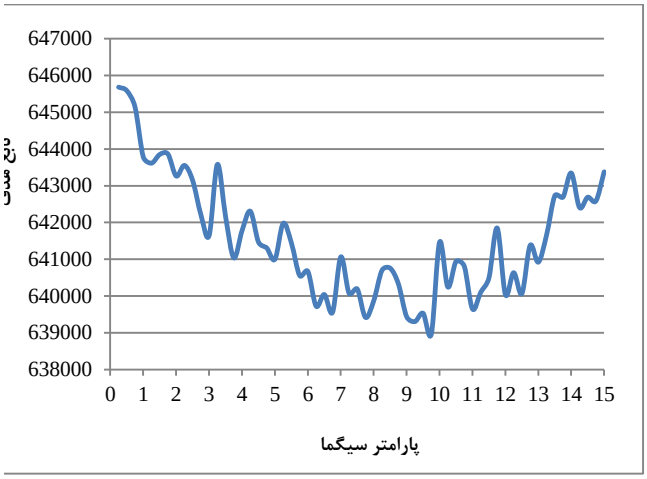
نتایج قبل و بعد از اجرای *TOU* در جدول ۲ آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود، در مورد مطالعاتی اول پس ازاجرای *TOU* تابع هدف حدود ۵۲۰۰ دلار کاهش می‌یابد و اجرای *TOU* دارای هزینهٔ ۶۱۹۱ دلاری (سود مشتری) می‌باشد. در مورد مطالعاتی دوم نیز تابع هدف به میزان ۷۴۶۷ واحد کاهش می‌یابد و برنامه دارای هزینهٔ اجرای ۲۰۲۶۷ دلاری (دلاری) می‌باشد. تلفات نیز در هر دو مورد مطالعاتی کاهش می‌یابد. تمامی مشخصات منحنی بار از جمله ضریب بار و اختلاف پیک و دره نیز در هر دو مورد مطالعاتی بهبود می‌یابد. ماهیّت غیر خطی مسئلهٔ تلفیقی (تغییرات تابع هدف نسبت به پارامتر سیگما) را نیز در شکل ۱ مشاهده می‌کنید. همانطور که مشاهد می‌شود، کمترین میزان تابع هدف به ازای پارامتر سیگما برابر با ۹،۷۵ دلار بر مگاوات ساعت حاصل می‌گردد.

تلفیق بهینه مسئلهٔ *DEED* و برنامهٔ پاسخگویی بار مبتنی بر قیمتِ *TOU* با در نظر گرفتن تمامی شرایط عملی حاکم بر مسئله، برای اولین بار در این مقاله انجام شده است و مرجع مشابهی به منظور مقایسه نتایج وجود ندارد. با این وجود در *[۱۱]* نیز مانند این مقاله پس از اجرای پاسخگویی بار با تعیین نرخ پاداش بهینه، هزینه و آلودگی نسبت به حالت بدون اجرای پاسخگویی بار کاهش می‌یابد. البته در *[11]* برنامهٔ پاسخگویی بار مبتنی بر تشویق لحاظ شده است و در واقع به جای نرخ قیمت بهینه، نرخ پاداش بهینه در مسئلهٔ تلفیقی بدست می‌آید؛ همچنین از تأثیر برخی از قیود عملی سیستم نظیر نواحی عملکرد ممنوعه و ذخیرهٔ چرخان صرف نظر شده است.

جدول ۲: شیوه‌های داخل جدول

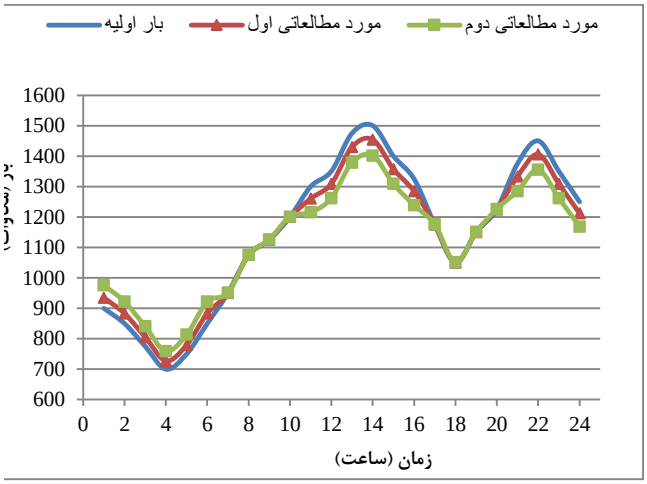
	مورد مطالعاتی دوم		مورد مطالعاتی اول	
کمیت	**پس از اجرای TOU**	**بدون اجرای TOU**	**پس از اجرای TOU**	**بدون اجرای TOU**
پارامتر σ	۹/۷۵	—	۴/۵۰	—
هزینه کل($)	۷۰۳۶/۹۸۲۵ ۸۵	۷۱۰۲/۶۶۳۴ ۹۹	۶۶۸۲۳/۲۴۴۲ ۹	۶۷۹۶/۸۵۷۲ ۳۱
آلودگی کل (تن)	۱۵۸۲/۴۸۵۹ ۶	۱۷۳۹/۲۹۲۴ ۸	۲۵۹۲/۰۶۸۲ ۵	۲۲۸۸/۷۵۷۸ ۳
سود مشتری	۲۰۲۶۶/۸۰۶۹	—	۶۱۹۱/۷۷۸۹	—
تابع هدف	۶۳۸۹۶/۸۹۳۰ ۵	۶۴۶۴۳/۳۴۶۱ ۳	۶۷۴۴/۰۲۳۱ ۳۱	۶۷۹۶/۸۵۷۲ ۳۱
تلفات کل (MW)	۶۶۰/۱۴۵۳	۷۰۶/۰۱۹۶	۷۴۷/۶۷۹۳	۷۵۵/۷۶۴۷
ضریب بار	۸۰/۴۳	۷۶/۵۳	۷۸/۲۷	۷۶/۵۳
درصد اختلاف پیک و دره	۴۵/۸۶	۵۳/۳۳	۵۰/۰۰	۵۳/۳۳
نسبت جبران پیک	۶/۵۱	—	۳/۰۰	—

میزان انرژی صرفه جویی شده (MWh)	—	۲۲۰/۵۳۰۹	—	۴۷۷/۸۱۶۹



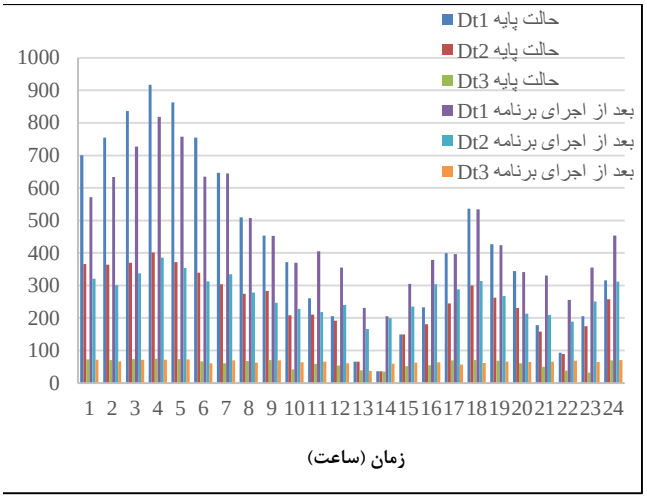
شکل ۱: میزان تغییرات تابع هدف نسبت به پارامتر سیگما در مورد مطالعاتی دوم

منحنی بار قبل و بعد از اجرای *TOU* در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، بار در ساعات پیک کاهش و به ساعات غیر پیک انتقال می‌یابد.



شکل ۲: منحنی بار قبل و بعد از اجرای برنامهٔ پاسخگویی بار برای موارد مطالعاتی اول و دوم

اثرات اجرای مدل تلفیقی در برآورده نمودن قید ذخیرهٔ چرخان، مقادیر $D_t^{(1)}$، $D_t^{(2)}$ و $D_t^{(3)}$ برای مورد مطالعاتی دوم قبل و بعد از اجرای برنامهٔ *TOU* در شکل ۳ آورده شده‌اند. باتوجه به شکل ۳، هر سه قید دارای مقادیر بزرگتر از صفر بوده و با اجرای هوشمندانهٔ برنامهٔ *TOU*، در ساعات پیکِ بار مقادیر مذکور بزرگتر از حالت پایه هستند، که این به معنای افزایش قابلیّت اطمینان شبکه می‌باشد.



شکل ۳: بهبود شرایط رزرو چرخان در اثر اجرای *TOU* (مورد مطالعاتی دوم)

۶- جمع‌بندی

برنامه‌های پاسخگویی بار نقش مهمّی در کاهش هزینه‌ها و افزایش قابلیّت اطمینان شبکه بازی می‌کنند. در این مقاله یک مدل ترکیبی از برنامه *TOU* و*DEED* ارائه شد، که در آن هزینه‌های تولید و آلودگی حداقل و قیمت بهینه در دوره‌های مختلف نیز به طور همزمان تعیین می‌گردد. در حقیقت، مدل ارائه شده یک بازی برد-برد برای تولیدکنندگان و مصرف کنندگان می باشد. دلیل اصلیِ این موضوع این است که اجرای هوشمندانهٔ *DRPs* باعث کاهش هزینه‌های تولید و آلودگی، افزایش سود مشتری و بهبود قابلیّت اطمینان شبکه می‌گردد. یکی از چالش‌های اساسی در برنامه‌های پاسخگویی بار مبتنی بر قیمت، تعیین نرخ قیمت بهینه در دوره‌های مختلف می‌باشد که در این مقاله با ارائهٔ یک مدل تلفیقی نحوهٔ تعیین نرخ قیمت بهینه در دوره‌های مختلف نیز ارائه گردید.

۷- منابع

[1] M. Nikzad and B. Mozafari, "Reliability assessment of incentive- and priced-based demand response programs in restructured power systems," Electrical Power and Energy Systems, vol. 56, pp. 83-96, 2014.

[2] M. Joung and J. Kim, "Assessing demand response and smart metering impacts on long-term electricity market prices and system reliability," Applied Energy, vol. 101, pp. 441–448, 2013.
[3] A. M. Elaiwa, X. Xia, and A. M. Shehata, "Solving dynamic economic emission dispatch problem with valve-point effects using hybrid DE-SQP," 9-13 July 2012. DOI: 10.1109/PowerAfrica.2012.6498646.
[4] Y. Lu, J. Zhou, H. Qin, Y. Wang, and Y. Zhang, "Chaotic differential evolution methods for dynamic economic dispatch with valve-point effects," Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol. 24, pp. 378-387, 2011.
[5] H. Falsafi, A. Zakariazadeh, and Sh. Jadid, "The role of demand response in single and multi-objective wind-thermal generation scheduling: A stochastic programming," Energy, vol. 64, pp. 853-867, 2013.
[6] M. Parvania, M. Fotuhi-Firuzabad, and M. Shahidehpour, "Optimal demand response aggregation in Wholesale electricity markets," IEEE transactions on smart grid, vol. 4, pp. 1957-1965, December 2013.
[7] H.A. Aalami, M. Parsa Moghaddam, and G.R. Yousefi, "Evaluation of nonlinear models for time-based rates demand response Programs," Electrical Power and Energy Systems, vol. 65, pp. 282-290, 2015.
[8] T. Niknam, R. Azizipanah-Abarghooee, M. Zare, and B. Bahmani-Firouzi, "Reserve Constrained Dynamic Environmental/Economic Dispatch: A New Multi-objective Self-Adaptive Learning Bat Algorithm," IEEE Systems Journal, pp. 763 – 776, 2013.
[9] J. Sun, V. Palade, X.J. Wu, W. Fang, and Z. Wang, "Solving the Power Economic Dispatch Problem With Generator Constraints by Random Drift Particle Swarm Optimization," IEEE Transactions On Industrial Informatics, vol. 10, no. 1, pp. 222-232, 2014.
[10] A. Gholami, J. Ansari, M. Jamei, and A. Kazemi, "Environmental/economic dispatch incorporating renewable energy sources and plug-in vehicles," IET Generation, Transmission & Distribution, Vol. 8, no. 12, pp. 2183–2198, 2014.
[11] N.I. Nwulu and X. Xia, "Multi-objective dynamic economic emission dispatch of electric power generation integrated with game theory based demand response programs," Energy Conversion and Management, vol. 89, pp. 963-974, 2015.
[12] H.A. Aalami, M. Parsa Moghaddam, and G.R. Yousefi, "Demand response modeling considering Interruptible/Curtailable loads and capacity market programs," Applied Energy, vol. 87, pp. 243-250, 2010.
[13] H.A. Aalami, M. Parsa Moghaddam, and G.R. Yousefi, "Modeling and prioritizing demand response programs in power markets," Electric Power Systems Research, vol. 80, no. 7, pp. 426-435, 2010.
extinctioncoefficient.pdf.

پیوست: مشخصات سیستم مورد مطالعه

واحدها	P_{max}(MW)	P_{min}(MW)	a_i($/h)	b_i($/MWh)	c_i($/MW^{2}h)	d_i($/h)	e_i(rad/MW)	UR_i(MW/h)	DR_i(MW/h)
۱	۴۵۵	۱۵۰	۱۰۰۰	۱۶/۱۹	۰/۰۰۰۴۸	۴۰	۰/۰۱۴۱	۸۵	۸۵
۲	۴۵۵	۱۵۰	۹۷۰	۱۷/۲۶	۰/۰۰۰۳۱	۶۰	۰/۰۱۳۶	۸۵	۸۵
۳	۱۳۰	۲۰	۷۰۰	۱۶/۶۰	۰/۰۰۲۰	۳۰	۰/۰۱۲۸	۵۰	۵۰
۴	۱۳۰	۲۰	۶۸۰	۱۶/۵۰	۰/۰۰۲۱۱	۲۰	۰/۰۱۵۲	۵۰	۵۰
۵	۱۶۲	۲۵	۴۵۰	۱۹/۷۰	۰/۰۰۳۹۸	۲۰	۰/۰۱۶۳	۵۰	۵۰
۶	۸۰	۲۰	۳۷۰	۲۲/۲۶	۰/۰۰۷۱۲	۳۰	۰/۰۱۴۸	۴۵	۴۵
۷	۸۵	۲۵	۴۸۰	۲۷/۷۴	۰/۰۰۷۹	۳۰	۰/۰۱۶۸	۴۵	۴۵
۸	۵۵	۱۰	۶۶۰	۲۵/۹۲	۰/۰۰۴۱۳	۳۲	۰/۰۱۶۲	۳۵	۳۵
۹	۵۵	۱۰	۶۶۵	۲۷/۲۷	۰/۰۰۲۲۲	۲۵	۰/۰۱۷۸	۳۵	۳۵
۱۰	۵۵	۱۰	۶۷۰	۲۷/۸۰	۰/۰۰۱۷۳	۳۳	۰/۰۱۷۴	۳۵	۳۵

واحد ها	α_i(ton)	β_i((ton/MWh))	γ_i(ton/MW^{2}h)	η_i(ton/h)	δ_i(1/MW)	نواحی ممنوعه (MW)
۱	۱۰/۳۳۹۰۸	-۰/۲۴۴۴۴	۰/۰۰۳۱۲	۰/۲۵۴۷	۰/۰۱۲۳۴	—
۲	۱۰/۳۳۹۰۸	-۰/۲۴۴۴۴	۰/۰۰۳۱۲	۰/۲۵۴۷	۰/۰۱۲۳۴	[۱۸۵–۲۱۰] [۲۷۵–۳۰۵] [۴۱۰–۴۲۰]
۳	۳۰/۰۳۹۱	-۰/۴۰۶۹	۰/۰۰۵۰۹	۰/۲۴۹۹	۰/۰۱۲۰۳	—
۴	۳۰/۰۳۹۱	-۰/۴۰۶۹	۰/۰۰۵۰۹	۰/۲۴۸۰	۰/۰۱۲۹	[۲۵–۴۰] [۵۵–۷۰] [۷۵–۸۵]
۵	۳۲/۰۰۰۰۶	-۰/۳۸۱۳۲	۰/۰۰۳۴۴	۰/۲۴۹۷	۰/۰۱۲	—
۶	۳۲/۰۰۰۰۶	-۰/۳۸۱۳۲	۰/۰۰۳۴۴	۰/۲۴۹۷	۰/۰۱۲	[۳۰–۴۵] [۵۰–۶۵]
۷	۳۳/۰۰۰۵۶	-۰/۳۹۰۲۳	۰/۰۰۴۶۵	۰/۲۵۱۶۳	۰/۰۱۲۱۵	[۳۵–۵۰] [۵۵–۷۰]
۸	۳۳/۰۰۰۵۶	-۰/۳۹۰۲۳	۰/۰۰۴۶۵	۰/۲۵۱۶۳	۰/۰۱۲۱۵	[۱۵–۲۵] [۳۵–۴۵]
۹	۳۵/۰۰۰۵۶	-۰/۳۹۵۲۴	۰/۰۰۴۶۵	۰/۲۵۴۷۵	۰/۰۱۲۳۴	—
۱۰	۳۶/۰۰۰۱۲	-۰/۳۹۸۶۴	۰/۰۰۴۷	۰/۲۵۴۷۵	۰/۰۱۲۳۴	—

ارتباط با کهربا

متخصصان و مهندسین گران‌قدر می‌توانند از طریق آدرس سایت مجله www.kahrobaonline.ir سایر اطلاعات مجله ازجمله نحوه ارسال مقالات جهت انتشار در نشریه و نیز فرم اشتراک مجله را دریافت کنند. همچنین به اطلاع می‌رسانیم طی توافق صورت گرفته بین پایگاه علمی‌سیویلیکا و مجله کهربا ازاین‌پس به مقاله برتر هر شماره یک کارت اشتراک رایگان دانلود از این پایگاه هدیه داده می‌شود.

اپلیکیشن این مجله را می‌توانید از مارکت نرم‌افزارهای موبایل (گوگل پلی) به آدرس زیر دریافت کنید.

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kahroba.wwwnoandishaan

ایمیل مجله kahroba@noandishaan.com پل ارتباطی ما با مهندسین و متخصصین می‌باشد، لطفاً ما را از پیشنهادها و انتقادات ارزشمند خود بهره‌مند سازید. جهت حمایت‌های مالی و معنوی از نشریه و یا معرفی محصولات خود نیز می‌توانید از طریق همین ایمیل با ما در ارتباط باشید.