نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، صفحه ۲۷ – ۵

اجرای بهینه برنامه پاسخگویی بار TOU با ارائه یک مدل اقتصادی مربوط به رفتار مشترکین برق خانگی

[۱] سید مهدی کاظم پور ، [۲] اشکان عبدالی سوسن*، زهرا عابدی[۳]

تاریخ دریافت:
۱۳۹۷/۱۱/۱

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۷/۱۱/۲۴

کلمات کلیدی:
زمان کم باری، زمان میان باری، زمان اوج بار، پاسخگویی بار، الاستیسیته، ضریب جایگزینی، ثابت ریسک‌گریزی.

چکیده

عیب مهم مدل‌های اقتصادی پیشین در این است فرض بر آن است که رفتار همه مصرف‌کنندگان بر منطق استوار است و با افزایش قیمت مصرف خود را کاهش داده و هیچ مشکلی را در کنترل خود ندارند. این در حالی است که پارامترهای مختلفی از جمله طریقه زندگی افراد، عادت‌ها و احساسات و مواردی از این قبیل می‌تواند تأثیرگذار باشد. در این مقاله برای حل این مشکلات با کمک تئوری انتخاب مصرف‌کننده و دو ابزار مهم آن یعنی تابع مطلوبیت و قید بودجه از مدل جدیدی به نام مدل نسل‌های همپوش و تابع CRRA که یکی از توابع مورد علاقه اقتصاددانان است بهره گرفته شد تا بتوان بر مشکل مدل‌های موجود غلبه نمود. ازمدل مذکور سه ضریب ρ_1 و ρ_2 (ضرایب جایگزینی) و θ (ثابت ریسک‌گریزی) حاصل می‌شود که این ضرایب سبک زندگی و تمایل هر خانوار را در انتقال و کاهش بار نشان می‌دهد. در این مطالعه مشخص شدبا تنظیم ثابت ریسک‌گریزی و ضرایب جایگزینی مصرف‌کننده علاوه بر کاهش هزینه‌های مصرف‌کننده پروفیل بار صافی ایجاد خواهد شد، همچنین از طریق این مدل کارایی نامناسب برنامه پاسخگوی بار TOU در تهران نشان داده شد.

۱. کارشناس ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی، گروه مهندسی انرژی و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران mahdi11997@gmail.com
۲. استادیار گروه فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آستارا، ایران (نویسنده مسئول) a.abdali@srbiau.ac.ir
۳. استادیار گروه مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران abedi2015@yahoo.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

۱. مقدمه

با ظهور تجدید ساختار در بازارهای برق، طرف عرضه (تولید کنندگان) به سرعت با محیط جدید سازگار شدند، در حالی که رفتار در طرف تقاضا (مصرف‌کنندگان) متفاوت بود و بی‌تحرکی سمت تقاضا در برابر افزایش قیمت‌های سمت عرضه باعث افزایش قیمت‌ها شد [۶]. در نتیجه انتقال دارایی هنگفت از طرف تقاضا به سمت عرضه می‌تواند به عنوان مهمترین تأثیر بازسازی سیستم عرضه در نظر گرفته شود. دلایل اصلی این ناسازگاری در سمت تقاضا، فقدان دانش کافی و ابزارهایی برای برخورد با مشارکت مؤثر در بازارهای برق بود که در بعضی مواقع باعث فروپاشی بازارهای برق شد [۷]. سمت تقاضا برای مقابله با این مشکلات، به دنبال یافتن ابزارهای مقابله‌ای افتاد.این ابزارها به سه دسته مختلف به شرح زیر می‌باشند:

۱. برنامه‌های مدیریت سمت تقاضا (DSM)[1]

۲. تخصیص خرید

۳. استراتژی قیمت‌دهی

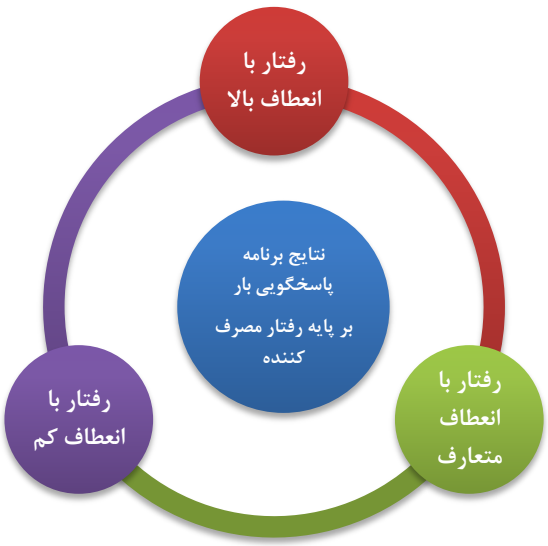
با استفاده از برنامه‌های DSM، طرف تقاضا به هدف افزایش سود خود به اصلاح پروفیل بار خود می‌پردازد. با کمک ابزار تخصیص خرید، ریسک خرید از یک بازار را با ایجاد تنوع در خرید از بازارهای متفاوت کاهش داد و با کمک ابزار استراتژی قیمت‌دهی به توسعه استراتژی پیشنهاد قیمت مطلوب برای دستیابی به سود بیشتر پرداخت [۸]. در ادامه با توجه به موضوع مقاله تنها به بررسی و ارزیابی اولین ابزار یعنی برنامه‌های DSM پرداخته تا بتوان با یک آگاهی همه جانبه قدم در ارزیابی و توسعه مدل پاسخ گویی بار گذاشت.

در نهایت در این مقاله بررسی می‌گردد که چگونه می‌توان مصرف‌کنندگان با سبک‌های مختلف زندگی و آداب و رسوم و بودجه‌های متفاوت را در نحوه استفاده از انرژی الکتریکی در یکی از

1. Demand Side Management

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

برنامه‌های پاسخگویی بار[1] ارزش گذاری و تفکیک (شکل۱) و در نهایت رفتار و الگوی مصـرف آنهـا را پیش‌بینی نمود تا شرکت‌های خرده فروش با اطلاعات دقیق‌تر در بازار آتی برق شرکت نمایند و اینکـه با وجود نبود زیر ساخت‌ها و کنتورهای هوشـمند و همچنـین نبـود اطلاعـات بـار پایـه و پروفیـل بـار مشترکین برق خانگی در ایران چگونه می‌توان از طریـق ایـن مـدل اقتصـادی میـزان کـارایی برنامـه پاسخگویی بار شرکت توزیع تهران در مشترکین بـرق خـانگی را مشـخص کـرد. بـرای بررسـی ایـن موضوع، به دلیل نبود زیر ساخت‌های مذکور و به تبع آن نبـود اطلاعـات بـار پایـه در مشـترکین بـرق خانگی در ایران از داده‌های یک پروفیل بار پایه خانگی در شهر آشتیان از استان مرکزی جهت صـحت سنجی مدل پیشنهادی استفاده و در نهایت در صورت صحت عملکرد آن، مدل مورد نظر برای سنجش رفتار مصرف‌کنندگان در ۱۵ مشترک خانگی در شهر تهران استفاده می‌شود.



شکل ۱. اثر برنامه پاسخگویی بار بر رفتار مصرف کنند گان

1. Demand Response

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

۲. پیشینه تحقیق و مقایسه مدل ارائه شده با مدل‌های قبلی

در مرجع [۵] بیان شده که ایران در حال گذار از ساختار انحصار طبیعی به به بازارهای رقابتی و ساختار جدید است که تولید کنندگان برای فروش انرژی به رقابت با یکدیگر می‌پردازند. در این مرجع به بررسی تابع تقاضای مصرف برق خانگی به همراه بررسی تغییر ساختار قیمتی صورت گرفته طی سال‌های ۱۳۵۵-۱۳۷۰ و ۱۳۷۱-۱۳۸۹ می‌پردازد که در این راستا از مفاهیم آزمون جمعی انگل-گرنجر[1] و آزمون هم جمعی دوربین – واتسون[2] استفاده شده و نتایج بیانگر آن است که در هر دو بازه زمانی، مصرف‌کنندگان نسبت به تغییرات قیمت حساسیت بسیار اندک داشته اند، اما در بازه زمانی دوم این وابستگی افزایش یافته و به‌طور کلی با افزایش جمعیت، تقاضای برق به‌طور فزاینده‌ای افزایش پیدا کرده است.

نویسندگان مرجع [۴] برنامه‌های مدل سازی شده بر منحنی مصرف برق استان کرمانشاه در تاریخ ۹۴/۴/۳۱ پیاده‌سازی کرده‌اند و اثرات اجرای آنها را بر کاهش هزینه، بهبود مشخصات منحنی بار و در نتیجه افزایش قابلیت اطمینان شبکه تجزیه و تحلیل شد.

نویسندگان مرجع [۶] هم اظهار داشتند که پس از تجدید ساختار سیستم‌های قدرت، برنامه‌های پاسخگویی بار بخش عمده‌ای از برنامه‌های مدیریت مصرف را تشکیل می‌دهند. در این تحقیق علاوه بر معرفی روش‌های پاسخگویی بار، مکانیزمی جهت اجرای همزمان برنامه مشارکت واحدها و برنامه پاسخگویی بار اضطراری و بارهای قابل قطع/کاهش ارائه می‌شود که علاوه بر کاهش هزینه‌های پرداختی، سبب مسطح شدن منحنی بار و افزایش قابلیت اطمینان سیستم شده است.

در مرجع [۲] دو روش از روش‌های نه گانه پاسخگویی بار، قیمت زمان استفاده[3] (TOU) و پاسخگویی بار اضطراری[4] (EDRP)، بیان و مدل ریاضی آنها (مدل‌های تک پریودی، چند پریودی و نهایی) با توجه به ضرایب حساسیت دیماند – قیمت استخراج شده است. در پایان، مدل‌های یاد شده با

1. Augment Engel-Graner Test
2. Cointegration Regression Durbin-Watson Test
۳. برنامه پاسخگویی بار زمان استفاده (Time Of Use) روشی است که در آن قیمت انرژی در سه حالت پیک (ساعت ۱۹-۲۳) میان باری (۷-۱۹) و کم باری (۲۳-۷) بر اساس قیمت متفاوت انرژی در هر حالت محاسبه و دریافت می شود.
4. Emergency Demand Response Programs

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

لحاظ سناریوهای مختلف بر روی منحنی بار روزانه کشور ایران مورد تست و ارزیابی قرارگرفته و منحنی‌های مصرف جدید، میزان انرژی مصرفی، درصد کاهش پیک، مبلغ در آمد شرکت برق، میزان جایزه پرداختی و مقدار سود مشتری در هر ستاریو محاسبه شده است.

با توجه به اینکه اطلاعات الاستیسیته قیمتی بار داخل کشور وجود ندارد از روش تخمین الاستیسیته (معادل نصف مقادیر الاستیسیته بازار انگلستان و ولز) استفاده شده (در مراجع ۱ و ۲ و ۴) که با توجه به تفاوت فرهنگ‌ها و سبک زندگی این کشورها نمی‌توان این الاستیسیته را معیاری دقیق برای پیش‌بینی رفتار و تفکیک مصرف‌کنندگان کشورمان قرارداد. در واقع در مدل‌های پیشین ضرایب حساسیت دیماند – قیمت اساس کار را تشکیل داده در صورتی که در مدلی که در این مقاله ارائه میشود به ریسک‌گریز بودن هر مشترک برق خانگی در تغییر میزان مصرف برق خود و همچنین سبک زندگی آنها در انتقال بار خود ضرایب و ثابت هایی اختصاص می‌یابد و با استفاده از کدهای نوشته شده در نرم افزار MATLAB با تغییر این ضرایب خروجی مدل بررسی و مورد بحث قرار می‌گیرد.

۳. فرضیات و اهداف تحقیق

- پیاده سازی مدل اقتصادی پیشنهادی و رعایت شرایط آن باعث کاهش هزینه مصرف‌کننده می‌شود.
- با اجرای این مدل اقتصادی می‌توان پیک زدایی در زمان اوج مصرف بار انجام داد و با به‌کارگیری مدل اقتصادی معرفی شده پروفیل بار صاف‌تری خواهیم داشت.
- فرض می‌شود که مصرف‌کننده دارای کنتور سه تعرفه‌ای، مصرف خود را در سه بازه زمانی در طول شبانه روز (با توجه به منحنی مطلوبیت خود) طوری تنظیم می‌کند تا حداکثر مطلوبیت را در مصرف برق به‌دست می‌آورد.
- این مدل قابلیت محاسبه الاستیسیته هر خانواده را در غالب ثابتی به نام ثابت ریسک‌گریزی داشته و در نهایت از طریق این مدل مشخص می‌شود افزایش یکنواخت ۹ درصدی سالیانه تعرفه برق خانگی در تهران در بازه‌های تعریف شده در کنتورهای سه تعرفه‌ای تأثیر چندانی در الاستیسته مصرف‌کنندگان برق ندارد.
- مدل اقتصادی معرفی شده توانایی پیش‌بینی رفتار مصرف‌کننده و تفکیک آنها را بر اساس سبک زندگی و فرهنک هر خانواده، با توجه به ضرایب جایگزینی و ثابت ریسک‌گریزی منحصر به خود را

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

داشته و شرکت‌های خرده‌فروش می‌توانند جهت شرکت در بازارهای آتی و خرید برق مورد نیاز از آن استفاده نمایند.

- در صورت مشارکت مناسب مشترکین برق خانگی در برنامه TOU ضرایب جایگزینی آنها در انتقال بار از اوج بار به میان بار و از اوج بار و میان بار به کم باری عددی منفی بین ۰ و ۱- ضمناً ثابت ریسک‌گریزی عددی مثبت خواهد بود که با کاهش این ثابت به سمت ۰ کاهش بار بیشتری در زمان پیک بار رخ خواهد داد.

۴. معرفی متغیرها و مدل اقتصادی پاسخگویی بار برای استفاده در برنامه TOU

یکی از موفق‌ترین مدل‌های اقتصادی که تاکنون معرفی شده است مدل نسل‌های همپوش[1] (OLG) است. برای بیان این مدل فرض بر آن است که زندگی هر فردی به ۱) دوران کاری و ۲) دوران بازنشستگی تقسیم‌بندی می‌شود و در دوران کاری فرد به کسب درآمد می‌پردازد. درآمده حاصله از این دوران بایستی در هر دو دوره هزینه شود [۹].

پس فرد بایستی مقداری از درآمد خود را در دوران اول $C_{1,t}$ مصرف نموده و مابقی را برای دوران دوم $C_{2,t+1}$ پس انداز می‌نماید. حال بایستی این فرد طوری به تنظیم مصرف در هریک از این دو دوره بپردازد که بیشترین سود را کسب نماید [۱۰].

$$U_t = (C_{1,t}, \frac{1}{1+\rho} C_{2,t+1}) \quad (۱)$$

مقدار ρ بیانگر ضریب جایگزینی یا نرخ ترجیح زمانی[2] است اگر مقدار مثبت داشته باشد بیانگر آن است که مطلوبیتی که توسط فرد در بازه زمانی بعدی کسب می‌شود، ارزش کمتری نسبت به بازه زمانی جاری دارد و مقدار منفی آن نیز عکس این قضییه را نشان می‌دهد. فرد می‌تواند با تغییر این پارامتر ارجحیت هر دوره را برای مصرف مشخص نماید .

1. Overlapping Generations Model
2. Rate of time preference

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

لذا این فرد برای یافتن مناسب‌ترین مقدار مصرف در هر دوره خود، در پی حداکثر کردن سود خود می‌باشد و همان‌طور که گفته شد برای بیان تابع مطلوبیت، توابع بسیاری وجود دارد اما در مدل نسل‌های همپوش از تابع CRRA [۱] که یکی از توابع مورد علاقه اقتصاددانان در اقتصاد خرد است بهره‌گرفته شده است [۱۱]:

$$U(C)=\sum_{t=0}^{\infty}\frac{1}{1+\rho}\frac{C_{t+s}^{1-\theta}}{1-\theta}\quad 0<\theta<1;-1<\rho<0 \qquad (۲)$$

که θ بیانگر ریسک‌گریزی نسبی [۲] است که ارتباط مستقیمی با تقعر تابع سود دارد و هر چه تعقر تابع سود فرد بیشتر باشد، فرد ریسک‌گریزتر خواهد بود. در بخش بعدی به بررسی مدل پاسخگویی بار برای روش TOU با سه بازه زمانی پرداخته می‌شود.

۴-۱. بسط مدل DR برای برنامه پاسخ‌گویی بار TOU از طریق روش لاگرانژ

در این بخش به ارائه مدل پاسخگویی بار به روش TOU با سه بازه زمانی، بر اساس مدل نسل‌های همپوش دیاموند پرداخته شد. در روش TOU با سه بازه زمانی، طول یک شبانه روز به سه بازه زمانی اوج بار، میان‌باری [۳] و کم باری تقسیم شده و فرض می‌شود که قیمت در هریک از این بازه‌های زمانی به ترتیب برابر است با P_{peak}، $P_{shoulder}$ و $P_{off\text{-}peak}$ می‌باشد.

مقدار مصرف توان الکتریکی در هر دوره برابر بامصرف پیک (C'_{peak})، مصرف میان‌باری ($C'_{shoulder}$) و مصرف کم باری ($C'_{off\text{-}peak}$) و با هزینه صورت‌حساب "B است. مصرف‌کننده به هدف افزایش سود خود و کاهش هزینه صورت‌حساب خرید انرژی الکتریکی خود از "B به B (B"<B) در برنامه پاسخ‌گویی بار شرکت نموده و با اجرای برنامه پاسخ‌گویی بار، مقادیر به C_{peak} ، $C_{shoulder}$، $C_{off\text{-}peak}$ و با هزینه صورت‌حساب B تغییر می‌نمایند.

هدف مصرف‌کننده از اجرای برنامه پاسخگویی بار، حداکثر سازی سود با در نظر گرفتن قید بودجه:

1. Constant Relative Risk Aversion
2. Coefficient of relative risk aversion
3. Shoulder time

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

$$MAx\left\{U_t=\frac{C_{peak}^{1-\theta}}{1-\theta}+\frac{1}{1+\rho_1}\frac{C_{shoulder}^{1-\theta}}{1-\theta}+\frac{1}{1+\rho_2}\frac{C_{off-peak}^{1-\theta}}{1-\theta}\right\} \quad (۳)$$

s.t.

$$B=C_{peak}.\mathrm{P}_{peak}+C_{shoulder}.\mathrm{P}_{shoulder}+C_{off-peak}.\mathrm{P}_{off-peak}$$

و در نهایت با حل رابطه (۳) طبق روش لاگرانژ خواهیم داشت:

$$C_{peak}=\frac{B}{\mathrm{P}_{peak}+P_{shoulder}\left(\frac{P_{peak}}{P_{shoulder}(1+\rho_1)}\right)^{\frac{1}{\theta}}+P_{off-peak}\left(\frac{P_{peak}}{P_{off-peak}(1+\rho_2)}\right)^{\frac{1}{\theta}}} \quad (۴)$$

$$C_{shoulder}=\left(\frac{P_{peak}}{P_{shoulder}(1+\rho_1)}\right)^{\frac{1}{\theta}}*\frac{B}{\mathrm{P}_{peak}+P_{shoulder}\left(\frac{P_{peak}}{P_{shoulder}(1+\rho_1)}\right)^{\frac{1}{\theta}}+P_{off-peak}\left(\frac{P_{peak}}{P_{off-peak}(1+\rho_2)}\right)^{\frac{1}{\theta}}} \quad (۵)$$

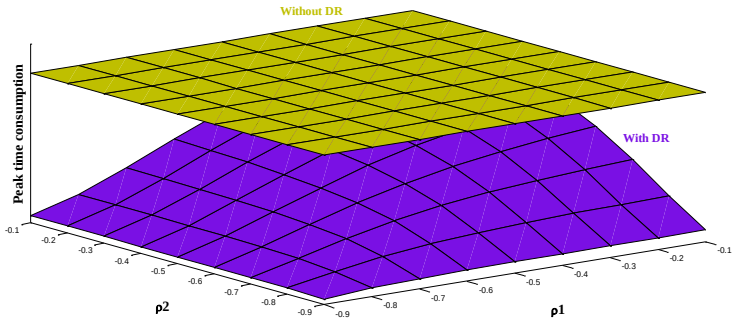
$$C_{off-peak}=\left(\frac{P_{peak}}{P_{off-peak}(1+\rho_2)}\right)^{\frac{1}{\theta}}*\frac{B}{\mathrm{P}_{peak}+P_{shoulder}\left(\frac{P_{peak}}{P_{shoulder}(1+\rho_1)}\right)^{\frac{1}{\theta}}+P_{off-peak}\left(\frac{P_{peak}}{P_{off-peak}(1+\rho_2)}\right)^{\frac{1}{\theta}}} \quad (۶)$$

۴-۲. تحلیل حساسیت مدل اقتصادی

در این قسمت ابتدا به تحلیل حساسیت مدل‌پاسخگویی بار ارائه شده پرداخته خواهد شد تا بتوان خروجی حاصل از مدل‌ها را مشاهده و به قابلیت‌ها و ضعف‌های آن پی برده و چاره اندیشی نمود. سپس با داده‌های واقعی به ارزیابی مدل ارائه شده پرداخته خواهد شد.

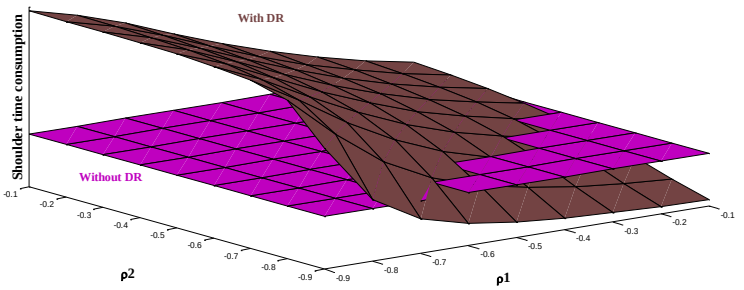
شکل (۲) تغییرات مصرف توان الکتریکی در زمان اوج بار با و بدون اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار را نشان می‌دهد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]



شکل۲. تغییرات در مصرف توان الکتریکی با و بدون اجرای برنامه
پاسخ‌گویی بار در زمان اوج بار با استفاده از نرم افزار متلب

مشخص است که با اجرای برنامه پاسخ‌گویی بار و با اعمال تغییرات در ρ_1 و ρ_2 (مقدار $\theta = 0.5$ ثابت در نظر گرفته می‌شود) مقدار مصرف در اوج بار تغییر می‌یابد و لذا با انتخاب مقادیر مناسب بـرای این دو پارامتر، می‌توان میزان دلخواه برای مصرف در اوج بار را تعیین نمود. هر چه مقدار این دو پارامتر بیش‌تر شده و از منفی یک به سمت صفر حرکت می‌کند میزان مصرف در اوج بار بیش‌تر می‌شود.

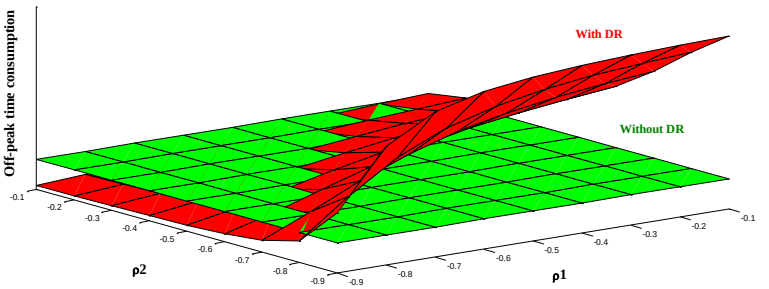


شکل ۳. تغییرات در مصرف توان الکتریکی با و بدون اجرای برنامه
پاسخ‌گویی بار در زمان میان باری با استفاده از نرم افزار **matlab**

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

در شکل (۳) در بعضی از نواحی با اجرای برنامه پاسخ‌گویی بار افزایش مصرف و در بعضی از نواحی کاهش مصرف داشته است. این به هیچ وجه به معنای ناپیوستگی در الگوی تصمیم‌گیری مصرف‌کنندگان نمی‌باشد و می‌تواند به دو معنا تلقی شود:

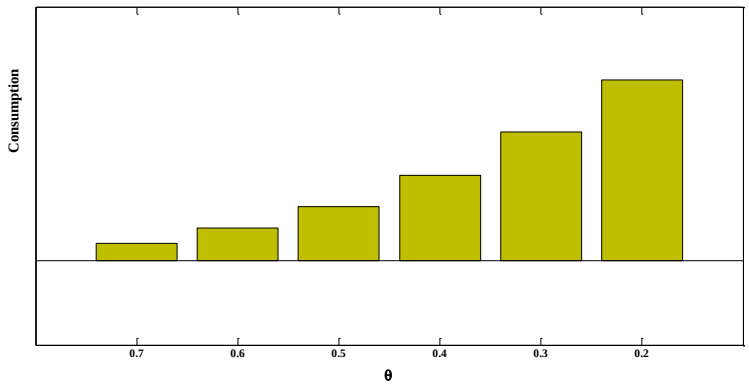
- حالت صرفه‌جویی در انرژی: مصرف‌کننده بخشی از توان خود در میان‌باری را به بی‌باری منتقل می‌نماید. که به دلیل قیمت پایین‌تر انرژی در بی‌باری نسبت به میان‌باری است (سطح قهوه‌ای زیرین).
- حالت مصرف انرژی: مصرف‌کننده بخشی از توان خود در اوج‌بار را به میان‌باری منتقل می‌نماید. که به دلیل قیمت پایین‌تر انرژی در میان‌باری نسبت به اوج‌باری است (سطح قهوه‌ای بالایی).



شکل ۴. تغییرات در مصرف توان الکتریکی با و بدون اجرای برنامه پاسخ‌گویی بار در زمان کم‌باری با استفاده از نرم افزار **matlab**

در شکل (۴) با تغییرات در ρ_1 و ρ_2 در نواحی (مکان‌هایی که صفحه قرمز در زیر صفحه سبز است) الگوی تصمیم‌گیری مصرف‌کننده دچار ناپیوستگی می‌شود. زیرا در این مکان‌ها میزان مصرف در زمان کم‌باری با اجرای برنامه پاسخ‌گویی بار به جای آن که افزایش یابد، کاهش یافته است. لذا در انتخاب مقادیر این پارامترها بایستی به این موضوع توجه شود.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]



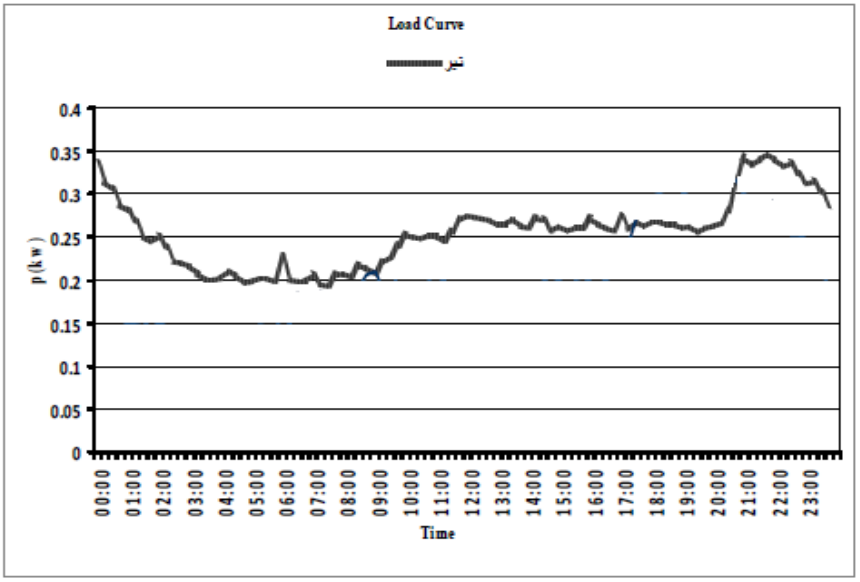
شکل ۵. نمودار سطح مشارکت در برنامه پاسخ‌گویی بار
تحت سناریوهای مختلف دوره کم باری با استفاده از نرم افزار در **matlab**

شکل (۵) به بررسی تغییرات تقاضای توان الکتریکی با اجرای برنامه پاسخ‌گویی بـار در کـم‌بـاری می‌پردازد. در زمان کم‌باری با کاهش θ و به عبارتی افزایش سطح مشارکت مصرف‌کننده، مصرف توان الکتریکی در پاسخ به قیمت‌های کم‌تر، افزایش خواهد یافت که صحت عملکـرد مـدل ارائـه شـده بـه وضوح در شکل مشخص است.

۵. ارزیابی و تحلیل مدل با داده‌های واقعی

در این بخش به بررسی عملکرد مدل ارائه شده با داده‌های واقعی پرداخته می‌شود. پروفیل بار اسـتفاده شده در این قسمت از (۱۱) استخراج شده است. شکل ۶ منحنی بار متوسط مصرف خانگی یک پسـت برق در شهر آشتیان است که با توجه به اینکه کنتور سه تعرفه‌ای در سال ۸۹ گسترش چندانی نداشـته است این نمودار می‌تواند به عنوان الگوی رفتار مشترکین قبل از اجرای برنامه پاسخگویی بـار در نظـر گرفته شود.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]



شکل۶. پروفیل بار خانگی نمونه تیر ۱۳۸۹در شهر آشتیان

اطلاعات قیمتی از بخش تعرفه برق خانگی شرکت برق در سال ۱۳۸۹ استخراج شده است [۱۲]. با توجه به مصرف ماهیانه حدوداً ۱۸۵ کیلووات ساعتی مشترک خانگی نمونه، متوسط قیمت ۲۹۵ریـال برای هر کیلووات ساعت است. با نصب کنتورهای سه تعرفه‌ای و اجرای برنامه TOU خواهیم داشت:

جدول ۱. تعرفه برق در بازه‌های زمانی مختلف در مصارف خانگی ایران در سال ۱۳۸۹

بازه زمانی	اوج بار	میان‌باری	کم‌باری
ساعت هر بازه زمانی	۱۹:۰۰ الی ۲۳:۰۰	۷:۰۰ الی ۱۹:۰۰	۲۳:۰۰ الی ۷:۰۰
قیمت (ریال برای هر کیلووات ساعت)	۵۹۵	۲۹۵	۱۴۵

مأخذ: نتایج تحقیق

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

از روابط به دست آمده برای این مدل به وضوح دیده شد که مدل ارائه شده قابلیت مدل‌سازی بار را با کمک سه پارامتر (ρ_1, ρ_2, θ) دارد. در این قسمت همانند ارزیابی مدل در تحلیل حساسیت، سناریوهای مختلف برای یک مصرف‌کننده بخش خانگی در نظر گرفته شده و تأثیر برنامه‌های پاسخ‌گویی بار TOU در هر سناریو مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. سناریوهای منتخب از محدوده مجاز این پارامترها در رابطه (۲) و شکل ۴، استخراج شده است.

نتایج به دست آمده از سناریوهای در نظر گرفته شده در جدول ۲ آورده شده است. همان‌طور که از نتایج مشخص است با کاهش θ یا همان ریسک‌گریزی، مقدار تقاضا در اوج بار کاهش می‌یابد و به عبارتی سطح مشارکت افزایش یافته است که این با تحلیل حساسیت صورت گرفته کاملاً منطبق است. پارامتر θ، همان پارامتری است که وظیفه تنظیم سطح مشارکت مصرف‌کننده را در برنامه‌های پاسخ‌گویی بار دارد و تحلیلی که در ارتباط با تغییرات θ و تأثیر آن بر میزان تقاضا دراوج بار گفته شد در این قسمت نیز معتبر است. نتایج زمان کم‌باری نیز به خوبی نشان داده که با کاهش θ و افزایش سطح مشارکت میزان بیشتری از تقاضا (از سایر بازه‌ها با قیمت بالای انرژی) به این بازه (با قیمت پایین‌تر انرژی) منتقل شده است.

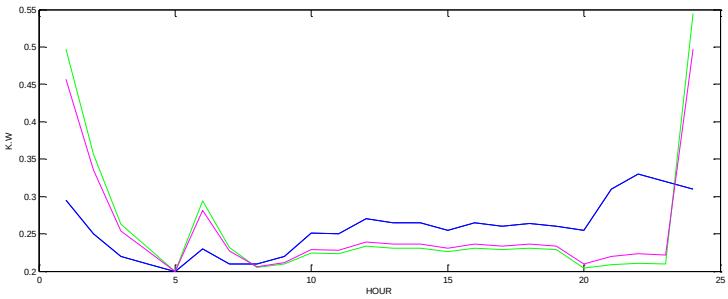
جدول۲. تغییرات تقاضای توان الکتریکی در زمان اوج، میان‌باری و کم باری
بر اساس تعرفه برق سال ۱۳۸۹ آشتیان ($\rho1= -0.4$ & $\rho2= -0.3$))

رفتار مصرف‌کننده در برنامه پاسخگویی بار	D_{all}(kWh) تفاضا در کل شبانه روز	$D_{off-peak}$ (kWh) تفاضا در کم باری	$D_{shoulder}$ (kWh) تفاضا درمیان باری	D_{peak} (kWh) تفاضا دراوج بار	θ	برنامه
-	۶/۱۷۵	۱/۹۲۵	۳/۰۳۵	۱/۲۱۵	-	حالت پایه (بدون برنامه)
انعطاف کم	۶/۰۹۳	۲/۴۲۵۸	۲/۷۷۲۷	۰/۸۹۴۱	۰/۹	با اجرای یرنامه پاسخگویی بار
انعطاف متعارف	۶/۱۲۲	۲/۵۱۶۸	۲/۷۴۳۸	۰/۸۶۱۸	۰/۸	
انعطاف زیاد	۶/۱۳۶	۲/۵۶۲۷	۲/۷۲۶۹	۰/۸۴۷۳	۰/۷	
انعطاف زیاد	۶/۱۵۴	۲/۶۱۸۱	۲/۷۰۲۸	۰/۸۳۲۸	۰/۶	

مأخذ: نتایج تحقیق

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

همان‌طور که از جداول (۲) مشخص است افراد با بودجه‌ها و فرهنگ‌های متفاوت قبل و بعد از شرکت در برنامه پاسخگویی بار عکس العمل‌ها و ضرایب ریسک‌گریزی متفاوتی نسبت به هم دارند که در نهایت میزان مشارکت آنها را در برنامه پاسخگویی بار TOU معین می‌کند.



شکل ۷. سطوح مشارکت مصرف‌کننده تحت سناریوهای مختلف($\rho1 = -0.4$ و$\rho2 = -0.3$)

دو سناریو از سناریوهای جدول (۲) در شکل (۷) ترسیم شده است.این بار برای مصرف‌کننده خانگی مورد نظر ضریب ریسک‌گریزی را ثابت فرض کرده و ضرایب جایگزینی را تغییر می‌دهیم. در این حالت انتظار داریم مجموع مصرف مشترک از پیک بار به ساعات کم باری و میان باری منتقل شود.

جدول۳. تغییرات تقاضای توان الکتریکی در زمان اوج بار بر اساس تعرفه برق سال ۲۰۱۶ داکوتای شمالی($\theta = 0.9$)

رفتار مصرف‌کننده در برنامه پاسخگویی بار	Doff-peak (kWh) تفاضا در کم باری	$D_{Shoulder}$ (kWh) تفاضا در میان باری	D_{peak} (kWh) تفاضا در اوج بار	ρ_2	ρ_1	برنامه
-	۱/۹۲۵	۳/۰۳۵	۱/۲۱۵	-	-	حالت پایه (بدون برنامه)
انعطاف کم	۲/۴۴۵	۲/۷۴۸۹	۰/۹۰۲	-۰/۰۵	-۰/۲	با اجرای برنامه پاسخگویی بار
انعطاف متعارف	۲/۴۸۸۵	۲/۷۲۴۴	۰/۸۹۵۰	-۰/۱۵	-۰/۴	
انعطاف زیاد	۲/۴۷۳۱	۲/۷۸۸۶	۰/۸۵۵۱	-۰/۵	-۰/۶	

مأخذ:نتایج تحقیق

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

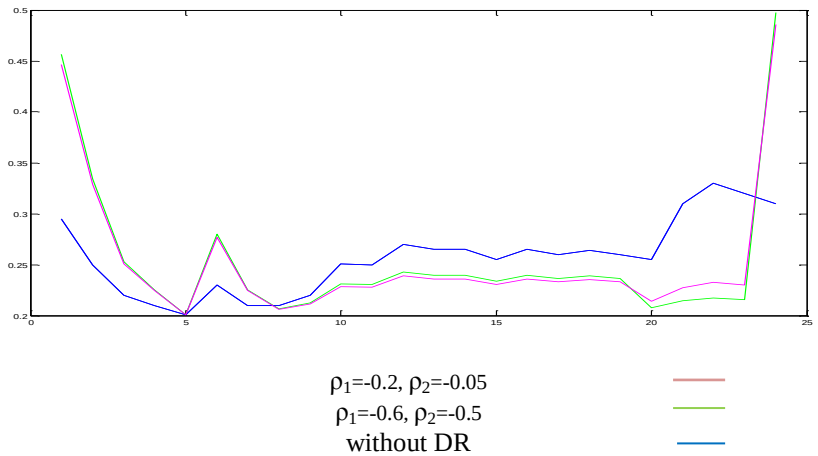
جدول۴. تغییرات بودجه و تقاضای کل توان الکتریکی بر اساس تعرفه‌های برق سال ۲۰۱۶ ایالت داکوتای شمالی

برنامه	ρ_1	ρ_2	D_{all} (kWh) مصرف برق کل در یک شبانه روز	Budget (Rials)
			(θ=0.9)	
حالت پایه (بدون برنامه)	-	-	۶/۱۷۴	۲۱۱۴
با اجرای یرنامه پاسخگویی بار	-۰/۲	-۰/۰۵	۶/۰۹۷۳	۱۷۰۴
	-۰/۴	-۰/۱۵	۶/۰۸۹۸	۱۷۰۳
	-۰/۶	-۰/۵	۶/۱۱۶۷	۱۶۹۰

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول (۴) تغییرات بودجه و تقاضای کل توان الکتریکی را بر اساس جدول (۳) و بر اساس تغییر ضرایب جایگزینی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است با ثابت بودن ضریب ریسک‌گریزی (یک سطح مشارکت ثابت) تقاضای کل توان الکتریکی با و بدون اجرای برنامه پاسخ‌گویی بار تقریبا یکسان است که نشان‌دهنده درستی فرض اولیه ما است که هدف از اجرای برنامه تنها انتقال مصرف آن از زمان‌ها با قیمت بالاتر به زمان‌ها با قیمت پایین‌تر است. در مورد بودجه نیز به خوبی اختلاف هزینه با و بدون اجرای برنامه پاسخ‌گویی بار مشخص است و علاوه بر آن مقدار بودجه در زمان اجرای برنامه پاسخ‌گویی بار در سناریوهای مختلف متفاوت است که این مرتبط با میزان سطح مشارکت و سبک زندگی است. به طور مثال با کاهش ρ_1 و ρ_2 و افزایش انتقال بار (کاهش ضرایب جایگزینی) بودجه کاهش یافته است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]



شکل ۸. تأثیر ضرایب جایگزینی مختلف در انتقال بار مصرف‌کننده با θ ثابت (θ = 0.9)

۵-۱. ضرایب جایگزینی و ثابت ریسک‌گریزی در تعدادی از مشترکین خانگی در ایران

در ایران برخلاف سال‌های گذشته مدتی است که نرخ برق در کم باری، اوج باری و میان باری به‌صورت شناور و به‌صورت پلکانی (با توجه به سقف‌های تعیین شده) محاسبه می‌شود. لذا برای مشخص شدن قیمت هر کیلو وات ساعت در سه زمان کم باری، میان باری و اوج باری از طریق تفکیک هزینه‌های هر یک از آنها از هزینه کل قبض و تقسیم آن بر تعداد روز دوره مصرف اقدام شده و در نهایت در جدول ۶ بر اساس قبوض برق دوره سوم (تابستان) سال‌های ۹۶ و ۹۷ تعدادی از مشترکین منطقه برق تهرانپارس، نیاوران و شمیران تهران ρ_1 ، ρ_2 و θ هر مشترک بر اساس دستگاه سه معادله سه مجهول غیر خطی حاصل از روابط ۴و ۵ و ۶ محاسبه شده است.

لازم به ذکر است این ضرایب به‌صورت میانگین برای یک دوره حدوداً ۵۵ روزه محاسبه شده است و تنها برای صحت سنجی فرمول و همچنین بررسی نسبی رفتار مصرف‌کنندگان در پیک بار تابستان طی دوسال گذشته می‌باشد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

جدول ۵. میزان مصرف، قیمت و بودجه روزانه شش مشترک خانگی در تابستان سال‌های ۹۶ و ۹۷ شهر تهران

میانگین مصرف،قیمت و بودجه روزانه برق تعدادی از مشترکین خانگی تهران در تابستان سال ۹۶								میانگین مصرف،قیمت و بودجه روزانه برق تعدادی از مشترکین خانگی تهران در تابستان سال ۹۷							
شماره مشترک	شماره پرونده مشترک	B هزینه روزانه برق (ریال)	Cp (kwh) مصرف پیک باری	Cs (kwh) مصرف میان باری	Co (kwh) مصرف کم باری	Pp (rial) قیمت پیک باری	Ps (rial) قیمت میان باری	Po (rial) قیمت کم باری	B هزینه روزانه برق (ریال)	Cp (kwh) مصرف پیک باری	Cs (kwh) مصرف میان باری	Co (kwh) مصرف کم باری	Pp (rial) قیمت پیک باری	Ps (rial) قیمت میان باری	Po (rial) قیمت کم باری
۱	۱۸۱۲۵۶۴	۳۵۹۹۸	۳/۸	۹/۸۷۲	۷/۶۹	۲۱۱۸	۱۶۶۸	۱۴۴۳	۵۲۶۵۳	۴/۶۳۶	۱۲/۵۸	۷/۶۹	۲۱۱۸	۱۶۶۸	۱۴۴۳
۲	۳۹۸۱۵۲۶	۱۲۸۷۵	۲/۵۲	۵/۸۹	۴/۴۲۵	۱۴۴۲	۹۹۲	۷۶۷	۵۶۰۷	۱/۶۰۴	۴/۰۷۵	۲/۵۴۷	۱۱۷۲	۶۸۲	۴۳۷
۳	۳۳۸۰۳۲۳	۱۵۹۴۹	۲/۸	۷/۱۳	۴/۲۲	۱۵۵۵	۱۱۰۵	۸۸۰	۱۹۳۷۱	۳/۰۹	۷/۳۶	۴/۴۵	۱۷۶۱	۱۲۷۱	۱۰۲۶
۴	۳۹۸۱۵۲۷	۵۱۷۵	۱/۵۳۷	۴/۲۴۱	۲/۴۸	۱۰۷۶	۶۲۶	۴۰۱	۹۸۳۸	۲/۲۸۳	۵/۵۸۵	۲/۴۸	۱۰۷۶	۶۲۶	۴۰۱
۵	۴۵۲۵۵۱۶	۹۰۳۴	۲/۳۸	۵/۴۲	۳	۱۲۴۹	۷۹۹	۵۷۴	۱۷۲۱۴	۳/۱۶	۶/۶۵	۴/۲	۱۶۸۱	۱۱۹۱	۹۴۶
۶	۴۵۲۵۵۱۹	۷۳۳۳	۲/۱	۴/۷۳	۳/۲	۱۱۵۸	۷۰۸	۴۸۳	۵۴۸۵	۱/۵۴	۳/۷۱	۲/۹۸	۱۱۵۳	۶۶۳	۴۱۸
۷	۱۸۱۲۵۳۶	۱۷۹۸۰	۳/۰۳۶	۷/۷۱	۴/۰۵	۱۶۰۹	۱۱۵۹	۹۳۴	۲۰۵۹۱	۳/۲	۷/۶۳	۴/۳۸	۱۷۸۶	۱۲۹۶	۱۰۵۱
۸	۱۸۱۲۵۳۴	۱۶۰۵۲	۳/۲۷۲	۶/۷۴۵	۳/۸۹	۱۶۰۴	۱۱۵۴	۹۲۹	۱۶۸۳۶	۳/۲۸۵	۶/۷۵	۳/۶۱	۱۶۴۳	۱۱۵۴	۹۰۹
۹	۳۹۸۱۵۲۰	۶۷۰۲	۲/۰۷۱	۴/۵۷۱	۲/۸۳۹	۱۱۲۶	۶۷۶	۴۵۱	۷۱۵۵	۱/۸۷۲	۴/۴۲۷	۳/۰۷۲	۱۲۳۶	۷۴۶	۵۰۱
۱۰	۱۸۱۲۵۶۷	۱۰۴۸۷	۲/۸۲	۵/۳۸	۳/۰۵۴	۱۲۹۸	۸۴۷	۶۲۲	۱۰۸۴۹	۲/۵۱	۵/۴۵	۳/۱۳	۱۳۹۳	۹۰۳	۶۵۸
۱۱	۳۹۸۱۵۲۸	۱۱۶۲۵	۳/۰۹۳	۶/۰۱۸	۲/۷۹۶	۱۴۲۶	۹۷۶	۷۵۱	۱۴۱۹۴	۳/۳۶	۶/۱۱۳	۳/۱۱	۱۶۱۸	۱۱۲۸	۸۸۳
۱۲	۴۵۲۵۵۷۱	۳۰۹۲	۱/۳۱	۲/۷۵	۲/۰۷۷	۹۳۴	۴۸۲	۲۵۹	۲۳۸۱	۰/۸۳	۲/۲۵	۱/۵۲	۱۰۰۲	۵۱۲	۲۶۷

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

میانگین مصرف،قیمت و بودجه روزانه برق تعدادی از مشترکین خانگی تهران در تابستان سال ۹۶								میانگین مصرف،قیمت و بودجه روزانه برق تعدادی از مشترکین خانگی تهران در تابستان سال ۹۷							
شماره مشترک	شماره پرونده مشترک	B هزینه روزانه برق (ریال)	Cp (kwh) مصرف پیک باری	Cs (kwh) مصرف میان باری	Co (kwh) مصرف کم باری	Pp (rial) قیمت پیک باری	Ps (rial) قیمت میان باری	Po (rial) قیمت کم باری	B هزینه روزانه برق (ریال)	Cp (kwh) مصرف پیک باری	Cs (kwh) مصرف میان باری	Co (kwh) مصرف کم باری	Pp (rial) قیمت پیک باری	Ps (rial) قیمت میان باری	Po (rial) قیمت کم باری
۱۳	۳۹۸۱۵۲۹	۳۷۳۱	۱/۵۴۵	۳/۱۴۵	۱/۷۲۷	۹۸۳	۵۳۴	۳۰۹	۴۳۷۵	۱/۶۷۸	۳/۳۵۷	۱/۵۸۹	۱۰۸۶	۵۹۵	۳۵۰
۱۴	۱۸۱۲۵۳۳	۸۱۳۹	۲/۶	۳/۸۹	۳/۷۲۷	۱۲۴۶	۷۹۶	۵۷۱	۱۱۹۹۷	۲/۹۲۸	۴/۷۶۸	۳/۹۱	۱۴۹۳	۱۰۰۳	۷۵۸
۱۵	۴۵۲۵۵۵۰	۵۱۲۵	۱/۸۸	۳/۴۷	۲/۷۸	۱۰۵۳	۶۰۳	۳۷۸	۶۱۰۸	۱/۹۴۵	۳/۳۸	۳/۳۳	۱۱۶۰	۶۷۰	۴۲۵

حال خروجی مربوط به داده‌های جدول ۵ در جدول ۶ ثبت می‌شود.

جدول ۶ استخراج ضرایب ρ_1 ، ρ_2 و θ شش مشترک خانگی در تابستان سال‌های ۹۶ و ۹۷ شهر تهران

میانگین ضرایب تعدادی از مشترکین خانگی تهران در تابستان سال ۹۶				میانگین ضرایب تعدادی از مشترکین خانگی تهران در تابستان سال ۹۷		
مشترک	منطقه برق	ρ_1	ρ_2	θ	ρ_1	ρ_2	θ
مشترک ۱	تهرانپارس	-۰/۵۱۲۱	-۰/۲۷۵۶	۰/۹۹۹۹۹	-۰/۵۴۴	-۰/۱۷	۰/۹۹۹۹۹
مشترک ۲	مولوی	-۰/۳۷	۰/۰۷	۱/۰۰۰۱	-۰/۳۲	۰/۶۹	۰/۹۹
مشترک ۳	نیاوران	-۰/۴۴	۰/۱۷۳	۰/۹۹۹۹	-۰/۴۱	۰/۱۹	۱/۰۰۰۱
مشترک۴	مولوی	-۰/۳۷	۰/۶۶۷۱	۰/۹۹۴	-۰/۳۶	۰/۶۳	۰/۹۹۲
مشترک۵	نیاوران	-۰/۳۱	۰/۷۲	۱/۰۰۰۲	-۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۹۹۹۹۹

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

میانگین ضرایب تعدادی از مشترکین خانگی تهران در تابستان سال ۹۶					میانگین ضرایب تعدادی از مشترکین خانگی تهران در تابستان سال ۹۷		
مشترک	منطقه برق	ρ_1	ρ_2	θ	ρ_1	ρ_2	θ
مشترک۶	نیاوران	−۰/۲۷	۰/۵۷	۱/۰۰۰۲	−۰/۲۷	۰/۴۳	۰/۹۹۹۹۹
مشترک۷	هفده شهریور	−۰/۴۵	۰/۲۹	۰/۹۹۹	−۰/۴۲۳	۰/۲۴	۰/۹۹۹
مشترک۸	تهرانپارس	−۰/۳۲	۰/۴۵	۱/۰۰۰۱	−۰/۳۱	۰/۶۴	۱/۰۰۱
مشترک۹	مولوی	−۰/۲۴	۰/۸۲	۱/۰۰۰۲	−۰/۲۹	۰/۵۰	۰/۹۹۹۹۹
مشترک۱۰	تهرانپارس	−۰/۲	۰/۹۲	۱/۰۰۸	−۰/۳	۰/۶۹	۰/۹۹۹
مشترک۱۱	مولوی	−۰/۲۴	۱/۰۹	۰/۹۹۹۹	−۰/۲	۰/۹۷	۰/۹۹۹۹
مشترک۱۲	نیاوران	−۰/۰۸	۱/۲	۰/۹۹۹۹	−۰/۲۸۷	۱	۰/۹۹۹۹
مشترک۱۳	مولوی	−۰/۰۹	۱/۸	۰/۹۹۹۹	−۰/۰۹	۱/۶	۰/۹۹۹۹
مشترک۱۴	تهرانپارس	۰/۰۵	۰/۵۲	۱/۰۰۰۱	−۰/۰۸	۰/۴۷	۱/۰۰۰۱
مشترک۱۵	شمیران	−۰/۰۵۳	۰/۸۸	۱/۰۰۰۱	−۰/۰۰۷۳	۰/۵۹	۱/۰۰۷

مأخذ: نتایج تحقیق

ρ_1 : ضریب جایگزینی مصرف‌کننده در انتقال بار از اوج بار به میان باری

ρ_2 : ضریب جایگزینی مصرف‌کننده در انتقال بار از اوج بار و میان باری به کم باری

θ : ثابت مشارکت مشترک در برنامه پاسخگویی بار (ریسک‌گریزی نسبی)

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

۶. بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه مشخص شد که می‌توان با استفاده از مدل نسل‌های همپوش دیاموند برای هر مصرف‌کننده برق سه ضریب ρ_1 و ρ_2 و θ تعریف کرد و با استفاده از این ضرایب رفتار مصرف‌کنندگان را در برابر برنامه پاسخگویی بار TOU در سه بازه کم باری میان باری و اوج باری مورد سنجش قرارداد و رفتار مصرف‌کنندگان در برنامه پاسخگویی بار به سه نوع رفتار انعطاف پذیر کم، متعارف و زیاد برای مصرف‌کنندگان ایالت داکوتای شمالی تقسیم بندی می‌شود.

همان‌طور که در جداول ۲ و ۳ مشخص شد این مدل توانایی پیش‌بینی مصرف انرژی الکتریکی فرد با توجه به ریسک‌گریز بودن و سبک زندگی اش را دارد. لذا با استخراج این ضرایب و ثابت‌ها برای هر مصرف‌کننده و تفکیک آن‌ها بر اساس روزهای تعطیل و غیر تعطیل و ایجاد یک بانک اطلاعاتی، شرکت‌های خرده فروش می‌توانند با روش داده کاوی نسبت به پیش‌بینی مصرف روز آتی مشتری خود اقدام نمایند.

از جداول ۳ و ۴ مشخص می‌شود تنها با انتخاب ضرایب ρ_1 و ρ_2 مناسب بدون کاهش جدی در مصرف کل روزانه و با حداقل سطح مشارکت (بالاترین ثابت ریسک‌گریزی $\theta = ۰/۹$) می‌تواند یک پروفیل بار صاف‌تر و هزینه برق کمتر حاصل شود. همان‌طور که از جدول ۴ مشخص است اجرای این مدل قابلیت کاهش هزینه مصرف‌کننده را با کمترین سطح مشارکت ($\theta = ۰/۹$) و با حداقل ضرایب جابجایی $\rho_{1=}-۰/۲$ و$\rho_{2=}-۰/۰۵$ و بدون آنکه در مجموع مصرف انرژی الکتریکی در طول شبانه روز تغییر چندانی ایجاد شود را داشته و کاهش حداقل ۳۰ درصدی در هزینه‌ها مشاهده می‌شود و این موضوع بیانگر این مطلب است که برنامه پاسخگویی بار TOU این مزیت را برای مصرف‌کننده دارد که بدون کاهش انرژی الکتریکی مورد نیاز خود در طول شبانه روز و تنها با جابجایی و انتقال بارهای خود از پر باری به زمانهای کم باری و میان باری نسبت به کاهش هزینه‌های خود اقدام نماید.

البته چنانچه ضرایب جایگزنی برای همه مشترکین بیش از حد به ۱- نزدیک شود قله‌های جدید در ساعات کم باری ایجاد می‌شود. در نتیجه برنامه TOU کارایی خود را از دست می‌دهد که این موضوع ضرورت پایش این ضرایب را برای شرکت‌های خرده فروش و حتی شرکت‌های توزیع دولتی جهت حفظ کارایی برنامه TOU را به اثبات می‌رساند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

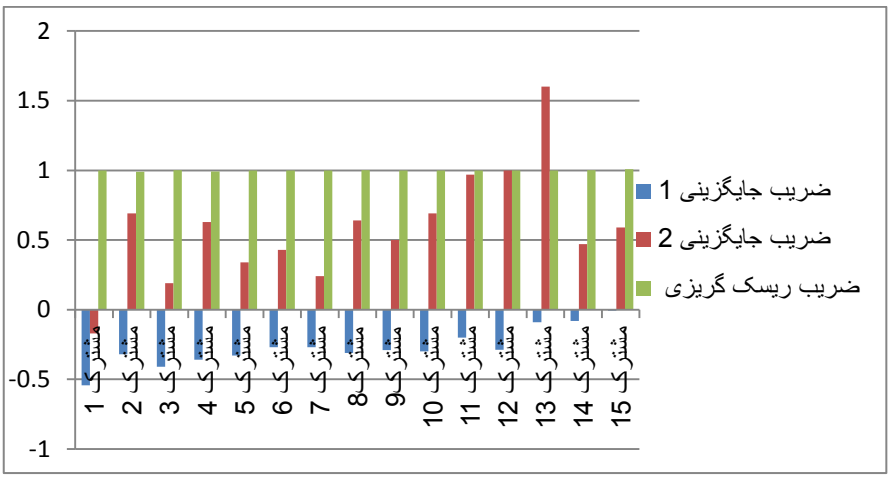
حال با استفاده از ضرایب استخراج شده در جدول ۶ رفتار ۱۵ مشترک برق خانگی مورد مطالعه را تفکیک و در جدول ۷ قید می‌شود.

جدول ۷. تفکیک رفتار مشترکین برق مورد مطالعه در برابر برنامه پاسخگویی TOU در تابستان سال ۹۷ تهران

نام مشترک	رفتار مشترکین جامعه مورد مطالعه در برابر برنامه پاسخگویی بار شرکت توزیع
مشترک۱	انعطاف پذیری متعارف
مشترکین ۲ تا ۱۲	انعطاف پذیری کم
مشترکین ۱۳ تا ۱۵	انعطاف پذیری خیلی کم

مأخذ: نتایج تحقیق

همان‌طور که از جدول (۷) مشخص است غالب مشترکین انعطاف‌پذیری مناسبی را در برابر برنامه پاسخگویی بار شرکت توزیع تهران از خود نشان نداده‌اند.



شکل ۹. میانگین ۵۵ روزه ضرایب تعدادی از مشتری‌های خانگی در تابستان سال ۹۷ در تهران

همان‌طور که در شکل (۹) مشخص است به غیر از مشترک ۱، ضریب جایگزینی ۲ (ρ_2) همه مشترکین مثبت بوده و این نشان دهنده کم اهمیت بودن مصرف در کم باری برای مشترکین میباشد که این موضوع کارایی نه چندان مناسب برنامه پاسخگویی بار TOU در تهران را نشان داده و همین

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

انتقال بار یکپارچه غالب مشترکین به میان باری و همچنین کم اهمیت بودن انتقال بار به کم باری نزد ایشان سبب ایجاد پیک بار جدید در ساعات میان باری شد که در نتیجه آن در تابستان ۹۷ شرکت توزیع تصمیم به قطع برق مشترکین تهرانی در این ساعات نمود.

با عنایت به افزایش قیمت حدود ۹ درصدی تعرفه برق تابستان سال۹۷ نسبت به تابستان سال۹۶ (جداول ۵ و ۶) مشاهده می‌شود تغییر چندانی در ثابت ریسک‌گریزی مشترکین (θ) آنها ایجاد نشده و این موضوع نشان دهده الاستیسیته پایین مشترکین نسبت به افزایش قیمت می‌باشد (با توجه به یارانه اختصاص یافته دولت به هزینه برق مشترکین و عدم خصوصی سازی در بخش توزیع و ایجاد بازار خرده فروشی امری طبیعی است).

با توجه به جدول (۷) می‌توان بر اساس همین رفتارها نسبت به نظام تعرفه گذاری برای مشترکین برق اقدام نمود و به‌طور مثال تعرفه پیک بار و میان بار مشترکین ۲ تا ۵ را ۲۰ درصد و مشترک ۶ را ۳۰ درصد بیشتر از تعرفه مشترک ۱ (که بر اساس مدل اقتصادی مشارکت بهتری در برنامه TOU داشته است) افزایش داده و حتی در زمان‌های بحرانی به ترتیب نسبت به قطع بار مشترکین با انعطاف پذیری خیلی کم و کم اقدام نمود تا مشترکین در انتقال بار خود به کم باری مشارکت بیشتری داشته باشند.

منابع

[۱] احمدی، اشکان و جواد نیکوکار (۱۳۹۳). "برنامه ریزی مشارکت واحدها با در نظر گرفتن برنامه‌های پاسخگویی بار اضطراری و بارهای قابل قطع و کاهش به منظور کاهش هزینه‌های پرداختی مصرف‌کنندگان". *ژورنال تحقیقات نوین در برق*. ۳(۴۸)، صص ۵۸-۱.

[۲] اعلمی، حبیب اله؛ یوسفی، غلامرضا و محسن پارسا مقدم (۱۳۸۷). "تأثیر برنامه‌های پاسخگویی بار بر منحنی مصرف برق روزانه کشور". *نشریه مهندسی برق ومهندسی کامپیوتر*. صص ۳۱۶-۳۰۸.

[۳] پیمان،صلاح؛ بصیری، علی اکبر؛ عابدی، داود و علی‌اصغر قدیمی (۱۳۹۵). "یافتن الگوی رفتار و میزان مصرف ساعتی مشترکین خانگی با استفاده از روش اندازه‌گیری تجمعی بار و صورتحساب نزمالیزه مشترکین". *شانزدهمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق*، بندر عباس، بهار۱۳۹۰.

[۴] دهنوی، احسان و حمدی عبدی (۱۳۹۶). "پتانسیل سنجی اجرای برنامه‌های پاسخگویی بار (مطالعه موردی:استان کرمانشاه)". *نشریه انرژی ایران*. صص ۳۹-۵۵.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]

[۵] هاتفی مجومرد، مجید؛ جلالی، امالبنین و رضا علائی (۱۳۹۵). "برآورد تابع تقاضای برق خانگی با استفاده از مفهوم هم جمعی و توجه به تغییر ساختار در سالهای ۱۳۸۹-۱۳۵۵". *نشریه انرژی ایران*. صص ۱۲۰-۱۰۱.

[6] Kandil MS., Farghal SA., Hasanin NE. (1990). "Optimum Operating Policy for Energy Storage for an Interconnected Power System. In: IEE Proceedings C–Generation", *Transmission and Distribution*, 137(4), pp. 291–97.

[7] Weinstein Sam, Hall David (2001). *The California Electricity Crisis-overview and International Lessons*. London: Public Services International Research Unit, University of Greenwich.

[8] Sharifi Reza, Fathi S.H. (2017). "A Review on Demand-side Tools in Electricity Market". *Journal of Elsevier* , No.72 , pp. 565-572.

[9] Diamond, Peter A. (1970). "Incidence of an Interest Income Tax", *journal of Economic Theory*, 2(3), pp. 211-224.

[10] Samuelson, Paul A. (1958). "An Exact Consumption-loan Model of Interest with or without the Social Contrivance of Money", *Journal of political economy*, 66(6), pp. 467-482.

[11] Tözün, Bahar. (2006). "The Equity Premium Puzzle: a Survey of the Literature", Diss. Bilkent University.

[12] Tariff of Residential Consumer at 1389 , IRAN. Available at: http://tariff.moe.gov.ir

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-06]