برنامه‌های موفق کاهش سریع مصرف برق در دنیا

امیر شریف‌یزدی[۱] ، ،مجید خانقلی[۲]

تاریخ دریافت مقاله:
۸۷/۱۰/۲
تاریخ پذیرش مقاله:
۸۷/۱۰/۱۴

چکیده:

گرمای زیاد هوا، خشکسالی، قطعی نیروگاه یا خطوط انتقال، موجب کمبود غیرمترقبه یا آنی تامین برق می‌شود. راه سنتی حل مشکل کمبود تولید، اعمال خاموشی به مشترکین است. ولی خاموشی بیش از یکی دو ساعت، ازنظر اقتصادی، اجتماعی و سیاسی، قابل‌قبول نیست. راه دیگر، اجرای برنامه‌های کاهش سریع مصرف برق، با ترکیبی از اقدامات فنی بهبود بازده انرژی و تغییر رفتار مشترکین می‌باشد. طی سال‌های اخیر در کشورها و مناطق متعددی مانند برزیل، زلاندنو، نروژ، کالیفرنیا و توکیو، چنین برنامه‌هایی ظرف تنها چندروز تا چندماه، اجراشده؛ و۳ تا۲۰درصد تقاضای برق کاهش یافته، نکته مهم، کاهش تقاضا بدون خسارات قابل‌ملاحظه اقتصادی؛ برخلاف کشورهای بدون برنامه و سازمان‌دهی قوی، بوده است. صرفه‌جویی به‌دلیل افزایش احتمال حوادث اهمیت بیشتری یافته: تجدید ساختار و آزادسازی بازار برق موجب کاهش ظرفیت رزرو و آسیب‌پذیری بیشتر آن شده و تغییرات شدید آب وهوایی، تاثیر فزاینده‌ای بر این معضل داشته است. مدل‌سازی رفتار اجتماعی برای کاهش سریع مصرف، حتی در کشورهایی که به پایداری نسبی در میزان تقاضا رسیده‌اند، بسیار دشوار است و عملا همانند جعبه‌ای سیاه، ورودی و خروجی‌ها نشان داده می‌شوند. مشکل مضاعف کشور ما، تعرفه‌های ارزان برق و رشد دست‌کم۶ درصدی مصرف، حتی در خاموشی تابستان ۸۷ و علی‌رغم کاهش ۵۰ درصدی روشنایی معابر، تبلیغات گسترده و خاموشی اجباری برخی صنایع بوده است. اگرچه در بهار ۸۸ رشد نزدیک به صفر به‌دلایلی مانند توزیع گسترده لامپ‌های کم‌مصرف، خنکی حدود ۴ درجه‌ای هوا نسبت به سال ۸۷ (تاثیر هر درجه خنکی هوا حدود یک درصد کاهش پیک است) و رکود برخی صنایع؛ مشاهده شد، اما ریشه‌های اصلی رشد نامتعارف مصرف به قوت خود باقی هستند. در این مقاله برخی از زمینه‌های قابل الگوبرداری؛ به ویژه با توجه به توصیه‌های آژانس‌جهانی انرژی، و همچنین نتایج برخی اقدامات داخلی در مناطقی مانند یزد بررسی می‌شود.

کلمات کلیدی:
| ǵ[ø]øg | ǵ[ø]øg | ǵ[ø]øs ĭŭźƩøøs
ĭźƳƩ[ʂ]øū ÆǁÑǫ[ŏ]Ʊ ĭÁƖźʒyŷ
Ōøg Řøǭè ĭÙƩdžøǭ ʒ[ø]Ø]əʒ
.ÙƩdžǭ

۱) شرکت برق منطقه‌ای یزد Sharifyazdi@gmail.com
۲) شرکت بین‌المللی پیمانکاری عمومی ایران Khangholi-majid@yahoo.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

مقدمه

تقریبا تمامی مناطق دنیا، کمبودهای عمده و ناگهانی در تولید و تامین برق را دست‌کم یک‌بار تجربه نموده‌اند. چنین کمبودهایی با علایم وقوع فزاینده؛ ممکن است به‌دلیل کاهش تولید نیروگاه‌های آبی در اثر خشکسالی، خروج نیروگاه، یک موج هوای گرم، کمبود ظرفیت یا حادثه‌ای جزیی در شبکه‌های انتقال و توزیع؛ از چند ساعت تا چند سال رخ دهد. در این بحران‌ها، زیربنای تحویل برق به مشترکین سالم باقی‌مانده ولی امکان تامین مطلوب و کافی برق درحد تقاضا وجود ندارد. زمان پایان بحران نیز عموما قابل تخمین است: باران مخازن و دریاچه سدها را مجددا پر می‌کند، نیروگاه تعمیر می‌شود، موج هوای گرم فروکش می‌نماید و ظرفیت کامل انتقال بازیابی می‌شود. فرض طراحان تجهیزات و مقامات رسمی، ثبات نسبی میزان تقاضا؛ باتوجه به برآوردها؛ می‌باشد. هنگامی که کمبود تولید مختصری حادث می‌شود، می‌توان با استفاده از قراردادها و تفاهم‌نامه‌های کاهش بار منعقده با صنایع، و برخی از ابزارهای فنی کاهش تقاضا و افت مختصر فرکانس کمبود را جبران نمود.

ولی مواردی پیش می‌آیند که این روش‌ها کافی نیستند. *برای بسیاری از طراحان که عمدتا با سمت تولید و تامین برق آشنا هستند، اعمال خاموشی‌های گسترده تنها راه‌حل است.* آیا می‌توان تقاضای برق را؛ دست‌کم به‌طور موقت و درعین حال باسرعت؛ کم کرد، بدون اینکه خسارات قابل ملاحظه اقتصادی یا خرابی‌های فراگیر رخ دهند؟ بسیاری از کشورها با چنین وقایعی روبرو شده و با موفقیت از فروپاشی شبکه و خاموشی‌های گسترده ازطریق اجرای برنامه‌های کاهش مصرف سریع در مدت کوتاه جلوگیری نموده‌اند. البته کاهش سریع مصرف برق با برنامه‌های کاهش تدریجی مصرف برق تفاوت‌ها و همچنین شباهت‌هایی دارد.

به‌دلیل تحولات زیست محیطی، خصوصی‌شدن فزاینده صنعت برق در دنیا و نگاه اقتصادی‌تر به سرمایه‌گذاری تاسیسات برق، دفعات وقوع این حوادث افزایش یافته‌اند، ازاین‌رو مرور تجارب موفق و ناموفق مواجه با کمبودهای عمده سال‌های اخیر، اهمیت مضاعفی یافته است.

بسیاری از تجارب یاد شده سخاوت‌مندانه و حتی با افتخار توسط دانشگاه‌ها یا سازمان‌های دولتی کشورهای اجراکننده، به‌تفصیل منتشر شده‌اند. آژانس جهانی انرژی نیز جمع‌بندی و توصیه‌هایی براساس این گزارش‌ها نموده [۱] که در این مقاله بررسی و زمینه‌های قابل الگوبرداری معرفی می‌شود.

بررسی علل فزاینده کمبودهای عمده و ناگهانی سال‌های اخیر

جدول ۱ فهرست مهمترین وقایع سال‌های اشاره شده و علل آنها را نشان می‌دهد [۱].

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

خاموشی سال ۲۰۰۱ کالیفرنیا؛ مشهورترین بحران برق سال‌های اخیر در دنیا؛ خشکسالی و هوای سرد سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ و خالی شدن چندباره مخازن سدها در نروژ؛ و احتیاط‌های منطقی ایمنی و خارج نمودن نیروگاه‌های هسته‌ای در تابستان ۲۰۰۳ ؛ که وضعیت توکیو را تا مرز یک خاموشی گسترده برده؛ از این موارد هستند.

وقایع ذکر شده در جدول۱ تنوع علت‌ها را نشان می‌دهد. رخدادهای آب و هوایی غیرمعمول، مانند خشکسالی، موج هوای خیلی گرم یا خیلی سرد، سیل و طوفان، علل عمده را تشکیل می‌دهند؛ هرچند هنوز هم خطاهای مکانیکی یا خروج‌های خودکار تجهیزات، برای احتیاط‌های ایمنی و یا پرهیز از فروپاشی، سهم قابل ملاحظه‌ای دارند. برخی از این وقایع به‌دلیل تجدید ساختار رخ داده‌اند و یا به این دلیل تشدید شده‌اند. با این حال همه آنها دو جنبه فیزیکی مشترک دارند: زیرساخت‌های تحویل برق به مشترکین اساسا سالم مانده‌اند؛ *مدت* کمبود با تقریب قابل قبولی مشخص می‌باشد: برطرف شدن سرما یا گرمای شدید هوا، شروع بارندگی، تعمیر خط انتقال و مواردی از این قبیل. شکل ۱ خلاصه علل را نشان می‌دهد .

جدول(۱): فهرست خاموشی‌های گستردهٔ غیرمترقبه

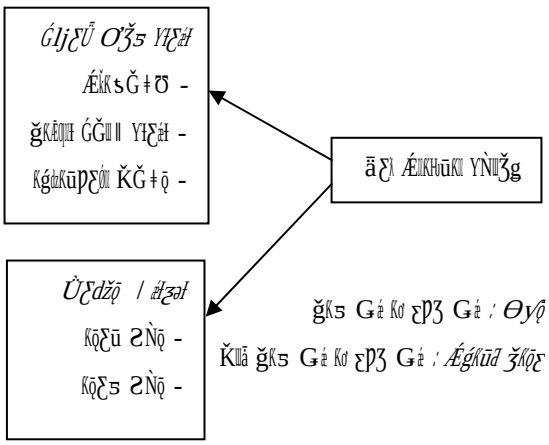
کشور و تاریخ	علت اصلی (آنی) خاموشی گسترده	دیگر جنبه‌های مرتبط
امریکا ـ شیکاگو ۱۹۹۵	اضافه‌بار شدن ترانسفورماتورها با افزایش‌مصرف در هوای گرم	تاخیر و اشتباه در توسعه و نوسازی زیرساخت‌ها
جنوب استرالیا ۱۹۹۸	انفجار تاسیسات پالایش‌گاز و محدودیت تامین‌گاز نیروگاه‌ها	احتمالا تحولات بازاربرق
برزیل ۲۰۰۱	خشکسالی و افزایش مصرف ناشی از بهبود وضع اقتصادی	ناکامی تجدیدساختار جزئی، در افزایش منابع تأمین برق
سوئد ۲۰۰۱	برودت شدید هوا و افزایش مصرف مورد انتظار آغاز هفته	کاهش انعطاف نیروگاه‌های پیک بار پس‌از استقرار بازار برق
کالیفرنیا ۲۰۰۱	خروج و در دست تعمیر بودن تعداد زیادی نیروگاه‌ها، کاهش واردات برق	تجدید ساختار ناقص، کمبود گازطبیعی، خشکسالی مناطق مجاور، اثرگذاری نیروگاه‌های مستقل بر بازاربرق
زلاندنو ۲۰۰۱	خشکسالی	
زلاندنو، آکلند ۲۰۰۱	قطع شدن خط انتقال	
توکیو ۲۰۰۳	خروج نیروگاه‌های هسته‌ای	ناکافی‌بودن ایمنی نیروگاه‌های هسته‌ای، محدودیت‌های متعدد اتصال به شبکه‌های مجاور
امریکا،جزیره پرسک۲۰۰۳	تخریب تاسیسات خنک‌کننده نیروگاه توسط طوفان و سیل	ممنوعیت تأمین برق مناطق دوردست با خطوط انتقال
زلاندنو ۲۰۰۱	خشکسالی	بلاتکلیفی آینده بازار برق و کاهش رغبت به احداث نیروگاه جدید
نروژ ۲۰۰۴-۲۰۰۳	خشکسالی، زمستان بسیار سرد و زودهنگام	کاهش نیروگاه‌ها پس‌از تجدیدساختار
اونتاریو ۲۰۰۳	طولانی شدن زمان راه‌اندازی مجدد نیروگاه‌های هسته‌ای پس‌از خاموشی گسترده امریکا/کانادا	وقوع حادثه در منطقه وابسته به نیروگاه‌های هسته‌ای
ایتالیا ۲۰۰۳	هوای گرم و کاهش غیرمنتظره واردات برق	اشتباه در نساختن نیروگاه‌های جدید برای چندین سال، همزمانی با کاهش توان تولید مزارع برق بادی آلمان
فرانسه ۲۰۰۳	افزایش مصرف و کاهش تولید نیروگاه‌ها ناشی از گرمای هوا و خشکسالی	همزمانی با تعمیرات دوره‌ای نیروگاه‌های هسته‌ای، عدم امکان بهره‌برداری از دیگر نیروگاه‌ها به‌دلیل رسیدن به مرز محدودیت‌های حرارتی رودخانه‌ها
جنوب کالیفرنیا ۲۰۰۳	قطع شدن شبکه‌های انتقال در اثر آتش‌سوزی جنگل	

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

البته هدف اصلی کاهش سریع مصرف، پرهیز از خاموشی گسترده می‌باشد، ولی پس‌از خاموشی گسترده هم غالبا نیاز به این کاهش سریع وجود دارد. سیستم‌هایی با وابستگی زیادی به انرژی هسته‌ای، آسیب‌پذیری بیشتری دارند، زیرا راه‌اندازی مجدد این نیروگاه‌ها، نسبت به نیروگاه‌های با سوخت فسیلی، زمان بیشتری نیازدارد. در فروپاشی شبکه اونتاریو و شمال امریکا، ۵ واحد از ۱۲ نیروگاه هسته‌ای تا یک هفته بعد هنوز خارج از مدار بوده‌اند ولی اکثر نیروگاه‌های فسیلی تا ۲۴ساعت بعد به مدار بازگشته بودند.

خاموشی‌های گسترده از نظر تعداد و احتمالا شدت و گستردگی، روبه افزایش هستند. تجدید ساختار و آزادسازی بازار برق، باعث کاهش ظرفیت‌های رزرو تولید و انتقال برق شده است. بهره‌برداران شبکه‌های تامین سوخت، مانند خطوط لوله، تاسیسات ذخیره‌سازی سوخت و حمل زغال‌سنگ؛ نیز به‌دنبال بهره‌برداری با حاشیه رزرو کمتری هستند. نتیجه این رویکردها، افزایش آسیب‌پذیری سیستم تامین برق می‌باشد.

تغییرات آب و هوای جهانی هم می‌تواند تشدیدکننده این معضل باشد. این تغییرات ابتدا با بزرگترشدن و افزایش دفعات رخداد پدیده‌های آب و هوایی؛ حتی با تغییر اندک مقادیر میانگین[۲] و سپس به صور خشکسالی و سیل و طوفان یا شدت گرما و سرمای بیشتر و دیگر وقایع پدیدآورندهٔ بحران‌های کوتاه‌مدت برق، نمایان می‌شوند. به موازات این موضوع، گسترش شهرنشینی، نیاز به تهویه مطبوع فزاینده‌ای در هوای گرم ایجاد می‌کند. بسیاری از این موارد به‌عنوان علل خاموشی تابستان ۸۷ ایران نیز قابل بررسی و طبقه‌بندی هستند.



شکل (۱): علل و مدت کمبود ناگهانی برق

تفاوت سیاست‌های کاهش سریع و تدریجی

:ŭŵƑs | ģĶg ŽY .yĽŽłY ΘpĶĀʊ ĽǫłŽd p Æ ĻŵŽyǫ | ģĶg åĶgƠsĶŃs Ķ ÙƑdžǫ ŭŵƑs | ģĶg åĶgƠsĶŃs

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

- YÑøŏ ĠøŏĸÞŀ Tăøs Ġøλ yøŒÑσÆøō ÙÇdžøō ÛžłÇ˥λ ŭəʒ ɛŀ 5 ř ÛOʊŀ ɛĸŏŒ YʒÑō ā£λ ÙÇdžō ʒY OʹāÑō Æ ŀ ģĸg njÊə .YÑ‖ ŒYÇ‖ʂū ÆŒłÇŏ ĸź ĝ YĸdžQāŀ Θłʒĸʂŏŏ Ġλ Ɛ˩ō yŒÑσÆō ÙÇdžō | ģĸg ʒY OʹŏÊəÑō ǫyÛ .YÝÇūɛĸ
- .yøŒʒłY ĝÇ‖ŀøŏλ Ł øσłÇōĠλ OʹŏŽģŀ ÛOāÑō ƝYÇ‖ʂū ĝĸģYÑŒŽg Žĸōɛ ʒY ā£λ ĝĸljĸÊσ | ģĸg ĝŀ£λ ĝʒĸQəʒ Θĸōłyĝŀ ŘMĸā | ģĸg Ġλ ÆMĸŏ‖ʂY ʒÑŏbōĠλ ÙÆDə ŒYɛĸλ YÑŒŒHλ Θłʒ́ŏHʊ˩σ ŀ džŒ ĝŀ£λ ĸģOʹŏĸʂÇźɛ ĝɛĸʂŒYĸōƋ ĝŀ£λ ÆəĸĸŽg Žĸōɛ .YŽłyŒ YÑΣƿ Ġŏ fÊō
- ΘÊĞ ŀøō ĸøź ΘĸŒøsĸŢō ƿ ŀ ź Ndžøσ ŘøfłÇō ʒY Çŏŏĸσ ŘŏŏYĠλ .yŒbgÆō ĝɛĸλ ĝÇσYƿyŢō | Æ ĝţÇŒ ĝĸģOʹŽŏĝ ŽłÑøbÛĞλ .yŸ‖ĸŒŒ ĸģOʹŽŏĝ ţÊDžł ɛŀ Æ‖ĸŒ ʒÑŏÇĸλ ĝŀ£λ ÆəĸĸŽg Žĸōɛ Oʊŀ ǰĞŽō ÛǰŏgÇ‖ŀō Ġλ yźyΣ LJÑŒĝ ŘźÑŢσ ĸøģOʹŽŏĝ | źłƵəł ǰŏgÇ‖ŀō ƿʒǰźɛŀ .yŒbgÆō OəźƵY ĠģĸQ ƿY ΘʒÑDžĠλ łʒ YÑŏ ā£λ LJÑŒĝ ĀĂĸbō ɛŀ ÆQŏŏ ĠŒÑʒŒ njøłÊə ÛÆźĸŕƿʒł ā£λ ĝĸģOʹgÇ‖ .yŒbgÆŽŒ 5 f ÛyŸ‖ĸλ ĠQ‖ʒū ÆQ˥f ĸź ƿ ÛyŸ‖ĸλ ŒYĸQəł ĸΣ Êōĸĝ ĠþYĸf Ġg ÆŒĸōɛ ĸσ łʒ ǰ źłÇÑøbλ .yøbbgÆøō ƵYĸøDž ğĸøs ĠøŏÊλ ĝŀ£øλ łʒ ÆbŏŽUσ LJÑŒĝ ÛŒYÇg OʹŒÇĝ łʒ ÆÛŒĸŏ ĝĸģƵÑQbg Ûğĸʂ ƵY ƵŒĞź ĝĸøģĠøəÇūσ ŽÑŒĸøĝ .yŒźĸŽŒÆŽŒ Œyģĸŀōĸō ǰźyŒš ĸσ ÛYÑŏ ÙÇdžō | ģĸg ĝĸģ p Êσ ɛŀ Ædžŏĸŀ Šŏģĝŀ ǰŏgÇ‖ŀō ŘøŏŏĸYĠøλ ÛyøģYÆøō ğĸøs ÙÇdžøōÇŕ ɛƿʒ ĥĥ ĝŀ£øλ ĝYĸøŪ ĝĸøHλ ÇŀŒÇλ Ĥģ ÆŏÇ‖ ğĸŽŪŀ ŒɛĸΣŀ Ġg ĠʂŒÇə ÆŪŒĸŏ ĸølǰĸźσ ưøsĸŕ ĝĸģĠōŒÇλ .[Ĥ]Oʊŀ ŒYÑŒŒ ĀəÑō ÛÆŒĸQʂōɛ | źĸōÇ£ū ÙƵĸdžō Gʟŏŕ | ģĸg ĝŀ£λ Û ! ĸŏ ĝƵłzūÙyģ ÛOʹŽŏĝ Ġøλ ÙÇdžøō ưøsĸŕ ŒYƿyʹŒō ɛŀ YÑøŒŽg Žłźøŏŏō ɛƿĸ‖σ ΘƵÑDžƵY èĸŽ‖ŀ Ûy‖ƵŀY OʹŽģŀ ɛÑŒģ Ġg ĝYÑΣƿ ĸλ .yŒbg GŽg ĸljĸźσ Ƶŀɛĸλ Ķźyfūσ Ġλ yŒŒHÑŒ‖ ÆźĸHŒσĠλ
- .yŒ‖ʂøģ ΘƿĸøĂ‖ō ĝĸģOʹsĸŏʂ yŒōɛĸŏŒ ƿƵǰźłŀ ƿ y‖Œ‖ĸλ Ġ‖ŒHY Æʂĸŏʂ yźy‖ ΘłÇŏƿĸσ yŒŒHÑσÆō σqYÑ€ǰźł ĸ‖źĸHŒσ ƿ ɛŀ ÛžłÇ˥λ ŭəʒ ĸź ĝÇŏūÑ‖Σ ƵY ÆŒHÑσ‖ ŘŏŏYĠλ ā£λ ĝĸģOʹgÇ‖ žłÇźyō ƿ Æ‖˥ō ΘĸōĸĂō Ûĝţ£Œ ĝŀƵÇƿ OʹŒł ǰĞŽō .OʹøəĸźĠøōłYł ĸøģĠø‖Ăģ ĝŀ£øλ ÛĝYĸøŪ UʹÇøŒ ƩøŒŀÇλ ƵĸøHʂŠ Ġλ ā£λ ĝĸHλ | źłźəł Ûţƿ£Œ ƵY .yŒÑ‖ ƵŒbgÇλ YÑŏ ŘŬĸŀō łʒ ŘNJøüō ÛYÑøλ œyø‖ yźyŀσ ÛYÇʂ Ƶŏʂλ ÆŒĸQʂōɛ ĸλ ÆŒĸōźŽģ ŘŏŏYĠλ Ġg Ûā£λ ĝĸHλ ÆŒĸHūĸŒŒ | źłźəł ɛŀ ÆQźĸklj ƵĸŒ ƩÃŒ ĥĝ ƵyŒĠQō ĝĸģÆ‖ÑōŏŒ ɛŀ 5 ř ƿ YÊŬŒλ ĝƿƩŏŒ Ʃźƿƿσ ĝʒĸŒgÇλ .yŒŀg Oʂĸŏʂ œźÑŀ Ġλ OŬƩʂĠλ .Oʂł σqYÑŀ ǰźł Æʂĸŏʂ ΘłÇŏƿĸσ ɛŀ ĝÇŬźY ĠŒÑƵŒ ĤĦīÎ YŀYƩŏ ƵY LJÇ‖ūō ƵłźƵƿŀ g ɛŀ

.yŒźĸƵŒ ĝÇŏūQŏƵdžœ ÛĝYĸŪ Ƶĸōɛ ɛŀ ÇŒƵg ƵĸŒŏƵĂł OŏŒ‖ĸĂā ĸλ ÆσĸŪÊĂł ĝĸŒŒōÇλ yŒźźūŒŒ ƵłƵłyōOʂĸŏʂ ÛƵłÇ˥λ Ƶĸōɛ ƵY

ƿ œYÇ‖ʂøū Θĸōłyøāŀ ρĸøλ‖ŀ ÛĠŒĸĂøʂĸŒōɛ ĸōŀ ÛYƵŀY YÑΣƿ ÆźĸHŒ ÙÇdžō OʹƵʂ ɛŀ ŭźÇʂ œyƵŪ | ģĸg ƵĸĞōŀ ĝƵYĸŒ YƵÑō ƵY ÛOʂøÛŒ ρĸū ƵY ÑŏgÑσ ā£λ OgÇ‖ ÛĠŒÑƵŪĠλ .Oʂł ƨźłƵ ƿ œYĸʂ Ûy‖ƵŀyŒ ŘĞ ŀ ǰŏĞʂσ ƵY Æʂĸʂŀ | ÆŒ Ġg ĝŀłzyŒgŀÇřŀ | øŬλ Ōøg ĸŒ‖ʂøŒ ŌĦøʂ ÛĸøģĠøōĸŒƵƵ ƵŀYĠźĸŒbg ΘèĸźŌ ĠĞŒŒ ɛŀ 5 ř ĸōŀ .YŀY ƵŀÇ˙ā ƩŏŒ yō ŀƵ ÆŬŒĸŏ ǰŏgÇ‖ŀō ÙÇdžō | ģĸg ÆŬŒĸøŏ | øŬλ ŌĦøʂ ÛĸģƵÑ+øg ĝƵŏʂøλ ƵY ĠøŒ‖ŀ) .YŀY ĠøźƿƵ Ʃøŏŏŏŭσ ÛyŏyŸ‖ ƩgzŌō ŀƵ ÙÇdžō ƨƿŀ ÆŀŀÇ˥λ ΘĸŪĸʂ ƵY ÆŬŒĸŏ .(Oʂł ĠŏfÊōŘĸĂā

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

ɛɬ ƙljƙɆσ Ǵʎ ʒÑ₪ʅǫ ů̈ʒɬƐ₸ʎ ŭəʒ Θƙǫɬyƒāɬ ʒɣÝʎ Ǻəƙgƙ₪ ρ ƒɬʒ₪ yǽy₪ Oʻǽɣƿyɣ₸ǫ ǨƙƒɣǴʎ ÛÑ₪y₪è₹ ʒɬʃɬyǫOʻsƙƆs ǰƆƙ₸ʒǧ
.y₪y₪ ɛƿʒ ɛɬ ǺσƙÜƙs ʒɣ ƙH₪₪ ƒɛʎsɷƐƆƆƵ Q̃₪sƆs ρ ƙǵǰgǫƐÜƙ₪ Ǻ₪sɣ ʒɣƐg ρ ÑǫƙƆ ƒɬƐʎ ǰƆgƐ₪ɬǫ

ɣÑøΣρ Ǻ₪ǽʒyøơ ׀ ǵƙøg Ǻ₪øDžƐə Ɛūɬ .yǧɣǺǫ ʒʎɬ₪ɬʃʒ Ǻ₪ǽʒyƆ ׀ ǵƙg Ǵʎ O₪sʎ ŭǽƐs ׀ ǵƙg ƒƙǵOʻɣƿyɣ₸ǫ ĥğƿyΣ
.YÑ₪Ǻǫ ǺsƙƆs ρ ǺÛƙʒ₪Σɬ ÛǺǽɬƐΣɬ ƒƙǵǴ₪ǽʒǧ ׀ ǽɬʒəɬ ɬΣÑǫ ÛŭǽƐs ׀ ǵƙg Ǵʎ ɛƙƆ₪ ʒƙǫɛ ƙơ OƆ̈ū1jƿ ƒʒɬzūƿ ÛɣʒɣY

دسته‌بندی اقدامات کاهش سریع مصرف

:ɣʒɬY YÑΣρ ā₹ʎ Ù₹džǫ ŭǽƐs ׀ ǵƙg ƒɬƐʎ ₪ɬʒ ρɣ

- ā₹ʎ ₹₪ʒg Ù₹džǫ ₪ʎ Ǻƌɬʒ₪Hɷǫ njsÑơ ΘƙǫyƆ ʒƙʒǧ ǰÓǫƙơ : (Ǻ₪ə Θƙǫɬyƒāɬ) ₪ɣɣ₹₪ɣ YÑ₪Hɷʎ
- yø₪HÑơǺøǫ Ǵg ǺāƐʎ Θɬʒ₪ɷǫ ɛɬ ₪ɣYƙÅ₪sɬ ʒɬʒ₪ǫ ƙǽ ʒƙǫɛ ʒɣ Ǻƌɬ₹₪₪ŭơ ρ Θƙǫɬyƒāɬ ₪ʎ Ù₹džǫ ׀ ǵƙg : ƒʒƙ₪əʒ Θɬ₹₪₪ŭơ
.YÑ₪ ׀ ǽ₪sƌ ƙǽ Ǻ₪əƙǽʒɣ ΘƙǫyƆ ׀ ǵƙg ɬΣÑǫ

جدول (۲): مقایسه شرایط و اهداف در کاهش سریع و کاهش تدریجی مصرف برق

	کاهش سریع	کاهش تدریجی
۱	امکان اجرا و هدف‌گذاری برای کاهش کوتاه‌مدت	هدف‌گذاری برای کاهش دائمی–پایداری و برگشت‌ناپذیری بیشتر
۲	امکان بروز خسارات سریع و گسترده اقتصادی	واقعیت خسارات تدریجی اقتصادی
۳	نقش محدودتر قیمت انرژی؛ ضرورت نرخ تشویقی/تنبیهی ویژه	نقش کلیدی قیمت عادی
۴	احتمال تاثیر شدید سیاسی و برکناری مدیران	برنامه‌ریزی بلندمدت در ثبات سیاسی
۵	اهمیت بسیار زیاد اقدامات تغییر رفتار	اهمیت بیشتر اقدامات فنی
۶	ناچاری تصمیم‌گیری برمبنای اطلاعات با قابلیت اطمینان کمتر	امکان برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری دقیق‌تر
۷	احتمال انجام فعالیت‌های پراکنده، گسترده، کم‌اثر و بدون هدف با توجیه شرایط اضطراری	فرصت کافی برای برنامه‌ریزی مناسب

اقدامات فنی یا روش‌های بهبود بازده: اقدامات فنی کاهش سریع مصرف بـرق، شـبیه فعالیـت‌هـای مـدنظر در کـاهش مصرف متعارف و تدریجی هستند، به این تفاوت که به منظور تاثیر سریع‌تر و بیشتر، با یارانه‌ها یا روش‌های ارائه و تحویـل ویژه همراه هستند. این فعالیت‌ها با سه مثال تشریح می‌شوند:

- حدود ۸٪ از برق مصرفی در صنایع امریکا برای تولید هوای فشرده استفاده می‌شود. بخش زیادی از ایـن انـرژی به‌دلیل نشت، تلف می‌شود [۴] ازاین‌رو سیستم‌های هوای فشرده هدف مناسبی برای صرفه‌جویی انرژی هـستند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

در کالیفرنیا گروه‌های بازرسی تنظیم تجهیزات هوای فشرده تشکیل و پشتیبانی شدند. تنها در اثر این اقدام، در ۸ کارخانه حدود ۲ مگاوات صرفه‌جویی به دست آمد.

- جایگزینی لامپ‌های روشنایی با لامپ کم‌مصرف، اولین و رایج‌ترین اقدام فنی است. مشترکین برق کالیفرنیا نزدیک به ۸ میلیون لامپ کم‌مصرف طی دوره بحران نصب کردند. با این اقدام حدود ۵۰۰ مگاوات از مصارف کاهش یافت[۵]. در شهرهای کالیفرنیا میلیون‌ها لامپ نشانگرهای راهنمایی و رانندگی با لامپ‌های LED جایگزین شد. هر جایگزینی حدود ۸۰ وات صرفه‌جویی به‌همراه داشت. مصرانه جایگزینی تجهیزات برقی قدیمی با انواع جدید دارای گواهی و برچسب استاندارد پربازده، به مشترکین توصیه می‌شد.
- بازگشت به استفاده از سوخت به جای برق: بازده نیروگاه‌های چرخه ترکیبی به‌عنوان بهترین بازده نیروگاه‌های حرارتی حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد است (در ایران میانگین بازده نیروگاه‌های حرارتی حدود ۳۷٪ می‌باشد). ازاین‌رو بازگشت به استفاده از سوخت به‌جای برق؛ صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای به‌همراه دارد. از برق برای گرم‌کردن هوا یا آب به‌ویژه در مناطق با جمعیت پراکنده استفاده می‌شود. زمینه‌های عملی زیادی در استفاده مستقیم از گاز طبیعی یا نفت یا حتی هیزم برای تامین گرمای مطلوب وجود دارد. به‌عنوان مثال در نروژ و زلاندنو در زمان بحران، گرم‌کردن هوا و آب به‌وسیله دیگ‌ها و بخاری‌های هیزمی قدیمی انجام شد. اگرچه این روش عمدتا در سرمای زمستان مفید است، ولی گاهی برای اوج مصرف تابستان هم کارآیی دارد: برزیلی‌ها آبگرم‌کن‌های برقی خود را با انواع گازی جایگزین نمودند. هر جایگزینی حدود ۳ کیلووات از تقاضای برق را در زمان استفاده کاهش داد.

میزان تأثیر اقدامات فنی: اصلاحات فنی نیازمند امکانات و توانمندی زیربنایی برای تولید یا سفارش و نصب تجهیزات در مدتی کوتاه هستند. این گستره از ظرفیت تولید کارخانه‌ها تا پرسنل ماهر نصب تجهیزات را شامل می‌شود. در بیشتر موارد زمان یا توانمندی زیربنایی کافی برای دستیابی به کاهش مصرف قابل‌ملاحظه وجود ندارد. به‌عنوان نمونه در نروژ سیستم و برنامه‌های ویژه و ضربتی برای نصب پمپ‌های حرارتی، سیستم‌های مدیریت انرژی و بخاری‌های هیزم‌سوز مدنظر قرار گرفتند. پرسنل فنی به‌صورت فشرده و با عجله نصب تجهیزات را انجام می‌دادند. اما نمی‌توان گفت که این اقدامات بحران کمبود برق را برطرف کرده است. اما به‌عنوان مثالی از موارد آمادگی، در کالیفرنیا از قبل شبکه‌ای برای تحویل تدریجی تجهیزات صرفه‌جویی انرژی وجود داشت. این سیستم که هنوز ناکافی بود، توانست به‌سرعت فعالیت‌های خود را برای جبران کمبودهای بحران، به میزان قابل ملاحظه افزایش دهد. مناطقی که نسبت به خاموشی‌های گسترده آسیب‌پذیر هستند، می‌توانند برنامه‌های صرفه‌جویی تدریجی خود را به‌عنوان پشتیبان اجرایی، شبیه استفاده از بیمه، برای کاهش مصرف حین بحران، تقویت نمایند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

سیاست‌های تغییر رفتار: دشواری انجام اقدامات فنی در سطح وسیع، انگیزه‌ای برای توجه بیشتر به نوع دیگر اقدامات یعنی تغییر موقت رفتار مشترکین می‌باشد. ابزار این تغییرات، معمولا رسانه‌ها و سلسله عملیات هماهنگ و متمرکز برنامه‌ریزی شده از طریق آنها؛ در کنار دیگر فعالیت‌ها و سیاست‌های تقویت پیام کاهش مصرف است. مراحل کلیدی برنامه‌های موفق در زیر شرح داده شده‌اند.

هدف نهایی، متقاعد نمودن مشترکین برای پذیرش و انجام رفتارهای منجر به کاهش مصرف برق در حین بحران است، ولی غالبا نیاز به تعیین اهداف میانی هم می‌باشد.

- ابتدا باید مشترکین متقاعد شوند که واقعا بحران وجود دارد. گاهی مشترکین بحران را مرتبط با تجدید ساختار و بهانه‌ای برای گرانی می‌بینند. در نروژ، زلاندنو و برزیل از روش ساده قانع نمودن مردم با نمایش مخازن خالی سدها استفاده شده، ولی به‌ویژه در کالیفرنیا و توکیو انتقال پیام دشوارتر بوده و ابتدا برای غلبه بر عدم اعتماد عمومی و تصور ساختگی‌بودن بحران، اقدام شده است.
- حل بحران نیازمند برقراری ارتباط با رفتارهای شخصی است. در کالیفرنیا و نیز زلاندنو برای مشترکینی که بیش از اهداف تعیین شده، صرفه‌جویی کرده بودند، جوایزی در نظر گرفته شد. در طرح کالیفرنیا، برای کاهش ۲۰٪ در مصرف برق نسبت به دوره مشابه،۲۰٪ تخفیف در مبلغ قبض در نظر گرفته شد. درحالی‌که در زلاندنو طرح "۱۰ برای۱۰" به‌منظور کاهش ۱۰٪ از مصرف برق به مدت ۱۰هفته؛ تا زمان مورد انتظار برای شروع فصل باران؛ مطرح گردید. قوانین برزیلی‌ها، سخت‌گیرانه‌تر بود: کاهش *الزامی* ۲۰٪ از مصرف نسبت به دوره مشابه سال قبل، توسط کلیه مشترکین. جریمه تخلف، قطع اشتراک برق اعلام گردید؛ اگرچه عملا نیازی به اعمال آن نشد.
- مشترکین نیازمند آموزش نحوه انجام اقدامات صرفه‌جویی به‌صورت موثر می‌باشند. در رسانه‌ها باید فهرست بلند بالای اقدامات قابل اجرا، به فهرست کوتاهی که مشترکین بتوانند به‌خاطر سپرده و انجام دهند، تبدیل شود. اقدامات فنی؛ مانند جایگزینی لامپ‌های کم‌مصرف؛ می‌تواند موجب تقویت و حفظ این پیام در سلسله عملیات باشد.
- برای پایدارنگه‌داشتن مشترکین؛ به تعهد و همکاری کاهش مصرف؛ نیاز به اقدام از جهات مختلف و ازطریق تبلیغات مستمر می‌باشد. در نروژ، زلاندنو، برزیل و کالیفرنیا، استفاده از طنز و فکاهی در نمایش‌های تلویزیونی و آگهی‌ها و تبلیغات روزنامه‌ای و دیگر موارد چاپی، نقش مهمی در تشویق مردم به صرفه‌جویی داشت. اما در توکیو تقریبا از این ابزار استفاده‌ای نشد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

در برزیل، توان صرفه‌جویی گروه‌های مختلف، به‌رقابت گذاشته شد. تلویزیون‌های برزیل هر روز هنگام غروب، سطح آب پایین پشت سدها را نشان می‌دادند. در کالیفرنیا و توکیو وب‌سایت‌هایی راه‌اندازی شد [۶]، [۷] و [۸] که به مشترکین اجازه می‌داد وضعیت و اطلاعات توان تولید و نیاز مصرف را به‌طور زنده و در زمان واقعی مشاهده کنند.

همزمان فعالیت‌های صرفه‌جویانهٔ نمادینی در مکان‌هایی مانند خواربار فروشی و اغذیه فروشی که مشتریان زیادی دارند، انجام شد. این اقدامات برای متقاعدکردن مشترکین درباره جدی بودن بحران و ناگزیر بودن از صرفه‌جویی عمومی انجام شد.

مزیت برنامه‌های کاهش مصرف از طریق تغییر رفتار، امکان اجرای تقریبا فوری است. شرکت برق سوئد در یک جمعه بسیار سرد متوجه ناکافی‌بودن ظرفیت برای تامین بار ابتدای هفته کاری در روز دوشنبه باز هم سردتر و به‌همراه تقاضای صنایع؛ شد. از این‌رو با صدور بیانیه‌ای رسمی از مشترکین تقاضا شد از هرگونه افزایش مصرف در روز دوشنبه خودداری نمایند. مشترکین این همکاری را انجام دادند. برنامه ۲۰-۲۰ کالیفرنیا و برنامه جیره‌بندی برزیل (حداکثر ۸۰٪ مصرف دوره مشابه سال قبل) تنها طی چند هفته طراحی، معرفی و اجرا شدند. رسانه‌ها، با تکیه بر تجارب و قابلیت‌ها، تنها طی چند روز برنامه‌های خود را برای ارائه تبلیغات آماده نمودند. اما میزان و مدت استمرار صرفه‌جویی انرژی، کمتر از اقدامات فنی؛ قطعیت دارد. بهترین ترکیب از اقدامات (فنی و رفتاری) برای هر بحران کمبود عمده، به نوع کمبود (ظرفیت یا انرژی)، وسعت ابزارهای تشویقی و اطلاع‌رسانی، و مدت بحران مورد انتظار، بستگی دارد.

اقدامات استثنایی کاهش سریع مصرف

پتانسیل برخی از اقدامات استثنایی تنها در زمان یک بحران آشکار می‌شوند. نرخ تورم در برزیل برای چندین سال، زیاد و حتی در مواردی به ۴۰٪ در ماه رسیده بود. روش برزیلی‌ها برای مقابله با این معضل، خرید همه خوراک و خواربار مورد نیاز ماهانه؛ به محض دریافت حقوق و قبل از کم‌ارزش‌ترشدن ارزش پول؛ بود. میلیون‌ها نفر فریزرهایی برای ذخیره‌کردن خوراکی‌ها تا زمان دریافت حقوق بعدی، خریداری کردند. در زمان بحران کمبود برق، نرخ تورم به میزانی کم شده بود که قیمت خوراکی‌ها تثبیت شده، نیازی به چنین اقدامات ذخیره‌سازی حاد نبود. اکثر مصرف‌کنندگان حتی با وجود عدم‌نیاز، فریزرها را نگه داشته بودند. پس‌از شروع بحران، مسئولین کشور مشترکین را متقاعدکردند که فریزرها را خاموش کنند. میلیون‌ها برزیلی، استفاده از فریزر را کنار گذاشتند. اغلب مشترکین به ۲۰٪ کاهش مصرف اعلامی‌دولت، تنها با همین اقدام دست یافتند.

صنایع دارای قرارداد بلندمدت و ثابت خرید برق، درصورت داشتن اجازه بازفروش برق به نرخ بازار، می‌توانند منابع تامین مناسبی طی دوران بحران باشند. در نروژ، زلاندنو و ناحیه شمال‌غرب امریکا، صنایع ذوب آلومینیوم و دیگر مواد

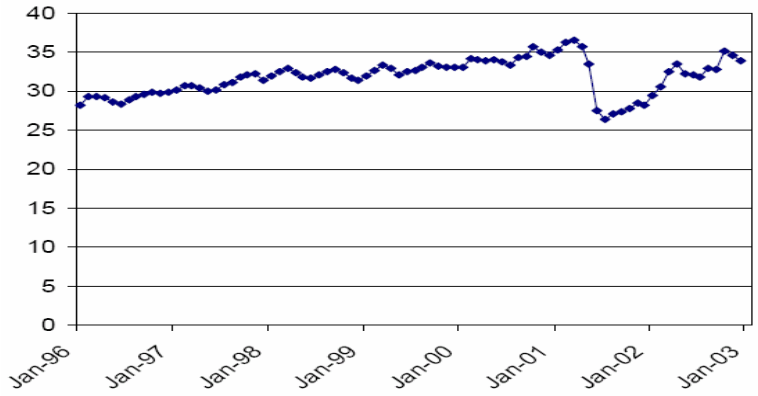
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

معدنی؛ مستقلا و سخاوت‌مندانه و در مواردی بازفروش دیماند خریداری به بهای توافقی، حجم قابل ملاحظه‌ای از مصرف‌برق را کاهش داده و از وقوع بحران جلوگیری نمودند. به‌عنوان نمونه تنها در شمال‌غرب امریکا، ۵۰۰۰مگاوات همکاری کاهش مصرف صنعتی؛ عمدتا ازطریق بازخرید دیماند صنایع آلومینیوم، معادل کل کاهش مصرف ۱۵درصدی تحقق یافته در کالیفرنیا؛ انجام شد[۹].

نحوه اندازه‌گیری یا برآورد درصد کاهش مصرف، هزینه‌ها و خسارات احتمالی

اندازه‌گیری میزان صرفه‌جویی انرژی، به‌دلیل تفاوت بین دوره بحران و دوره عادی؛ دشوار است. تقریبا تمامی تخمین‌ها شامل برآوردهای تعدیل مصرف، متناسب با شرایط آب و هوایی ویژه دوره بحران؛ به‌همراه مولفه عدم قطعیت؛ می‌باشد. به‌عنوان نمونه، توکیو یکی از سردترین تابستان‌های تاریخ خود را طی دوره بحران داشت، ازاین‌رو تصحیح برآورد مصرف، متناسب با شرایط آب و هوایی، عدم قطعیت قابل ملاحظه‌ای در برآوردها وارد می‌نماید.

برنامه‌های صرفه‌جویی کالیفرنیا برای کاهش اوج‌مصرف تنظیم شده بود، با وجود این کاهش مصرف انرژی برق نیز بیش از ۱۰٪ بوده است. بیشترین صرفه‌جویی مشاهده شده در برزیل بوده است. سرعت اجرا و مدت ماندگاری آثار این برنامه، در شکل ۲ نشان داده شده [۱۰] :

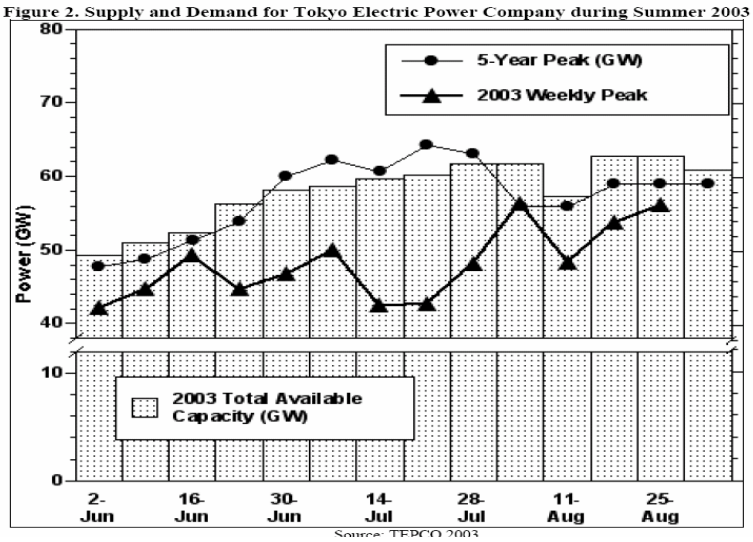


شکل (۲): میانگین مصرف برق (GW) در برزیل از ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۳
(کاهش مصرف ۲۰درصدی)

در ژاپن کمترین میزان کاهش در میان موارد بررسی شده معادل ۳٪ به‌دست آمده است. برخی مدارک حاکی از بزرگتر بودن پتانسیل واقعی صرفه‌جویی می‌باشند که احتمالا به‌دلیل خنکی نامتعارف تابستان پنهان مانده است[۱۱]. با این وجود، همین صرفه‌جویی مختصر از وقوع خاموشی گسترده جلوگیری نموده است: برای بیشتر هفته‌ها شرکت برق توکیو، ظرفیت

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

کافی برای تامین تقاضا داشته است. ولی همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود در هفته سوم ژوئن، انرژی صرفه‌جویی شده تقریبا برابر تفاوت تقاضای واقعی و ظرفیت دردسترس عملی بوده است. به‌بیان دیگر درصورت نبود چنین صرفه‌جویی و حاشیه امنیتی، وقوع یک فروپاشی محتمل بود.



شکل (۳): تاثیر برنامه کاهش ۳ درصدی توکیو در یک نوبت کمبود عمده

این نتایج، دو جنبه مهم از بحران برق را نمایان نمی‌سازد:

- هزینه‌های برنامه صرفه‌جویی و جلوگیری از بحران چقدر بوده است؟ اطلاعاتی درباره هزینه‌های مستقیم دولت وجود دارند، ولی این هزینه‌ها احتمالا نمی‌توانند تمامی خسارات تغییر و تعویق برنامه‌های عادی تولید و روال زندگی را نمایان سازند.
- این نتایج، حوزه فعالیت‌های اقتصادی عادی دائمی را طی این بحران، نشان نمی‌دهد. درصورت وقوع خاموشی گسترده و مکرر، امکان تداوم تولید وجود ندارد. تجارب ایتالیا دقیقا در نقطه مقابل تجربه کشورهایی است که برنامه‌های کاهش مصرف را با موفقیت اجرا نموده‌اند. به‌دلیل ضعف شفافیت، برنامه‌ریزی و عملیات موثر برای مقابله با بحران، برق مشترکین بزرگ صنعتی به تناوب و بدون هشدار و اطلاع‌رسانی، قطع می‌شد. هنگامی که کاهش تقاضا کافی نبود، برق مناطق تصادفا و بدون هشدار، به‌صورت گسترده قطع می‌شدند. عدم امکان برنامه‌ریزی، منجر به بروز مشکلات متعدد و وضعیت غیرعادی و دلسردی برای سرمایه‌گذاری جدید گردید. بخشی از این موارد در خاموشی اخیر ایران نیز موضوعیت داشته است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

در کالیفرنیا طی ماه‌های قبل از بروز بحران اصلی، چند خاموشی منطقه‌ای و محدود رخ داد. این وقایع، دورنمایی از خسارات اقتصادی، بی‌نظمی، هرج و مرج و آشفتگی محتمل درصورت وقوع خاموشی‌های گسترده را نمایان ساخت.

وقتی دومین خاموشی گسترده به فاصله کوتاهی از مورد اول رخ می‌دهد، چه اتفاقی می‌افتد؟ آیا مردم انگیزه کافی برای ادامه فعالیت‌های عادی خود را خواهند داشت؟ زلاندنو دو خشکسالی با احتمال وقوع صد سال یکبار را به فاصله زمانی ۴ سال تجربه کرد. این خشکسالی منجر به کمبود گسترده برق در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ شد. صرفه‌جویی طی دومین بحران عملا بزرگتر از اولی بود. اگرچه این بهبود باید مرتبط با دیگر فعالیت‌های پیچیده اطلاع‌رسانی و انعطاف بیشتر در قیمت‌گذاری برق نیز دیده شود.

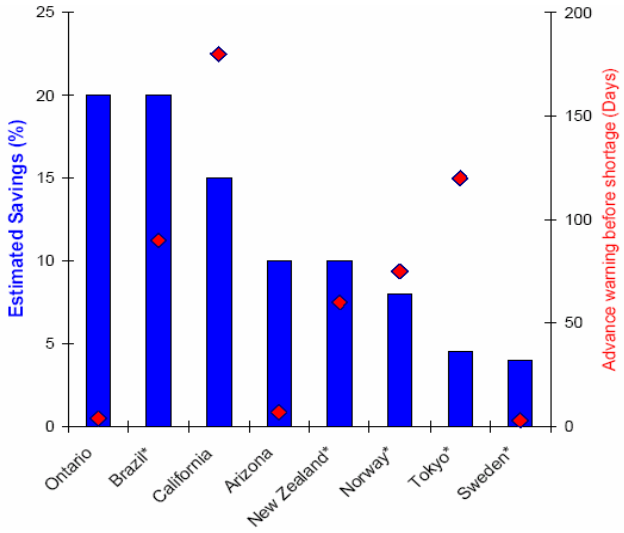
جمع‌بندی اقدامات و تجارب جهانی

ازطریق برنامه‌های کاهش مصرف منسجم و با حمایت همه‌جانبه تنها پس از چند روز، حدود ۳ تا ۲۰ درصد از مصرف برق کاهش یافته است. در بیشترین موارد، برنامه‌ها کاملا توانسته‌اند از وقوع خاموشی‌های گسترده، جلوگیری نمایند.

در شکل ۴ شش کشور و شهر موفق، در کنار دو ناحیه اونتاریو (کانادا) و آریزونا (امریکا) ازنظر میزان تاثیر و همچنین فرصتی که از ابتدای هشدار جدی برای انجام هماهنگی‌ها داشته‌اند، مقایسه شده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود در اونتاریو با وضعیتی بدتر از سوئد فرصتی وجود نداشته و هماهنگی‌ها پس‌از وقوع فروپاشی انجام شدند. در آریزونا عملا فقط طی چند روز برای کاهش ۱۰٪ از بار مصرفی هماهنگی شده است.

- همه کشورها از رسانه‌ها برای تشریح کمبود و تشویق و تقویت همکاری مردم به کاهش مصرف، استفاده کرده‌اند.
- در ژاپن از همکاری ستارگان سینما، در کالیفرنیا با فراخوانی کمدین‌ها، در زلاندنو، نروژ و برزیل از نمایش تصاویر مخازن خالی سدها؛ برای تقویت همکاری مردم استفاده شد.
- در کالیفرنیا تخفیف ویژه برای مشترکین با ۲۰٪ کاهش مصرف نسبت به دوره مشابه سال قبل لحاظ شد.
- در برزیل با هشدار قطع برق مشترکین متخلف، از همه مشترکین خواسته شد تا ۲۰٪ از مصرف برق خود را کاهش دهند. در خاتمه برق هیچ مشترکی قطع نشد و ۲۰٪ کاهش تنها طی دو ماه حاصل شد.
- در سوئد، طی کمبودی طولانی و یک روزه در زمستان، از مشترکین خواسته شد ترموستات‌های خود را برروی دمای کمتری تنظیم کنند و تمامی مصرف غیرضروری برقی خود را به تعویق بیندازند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

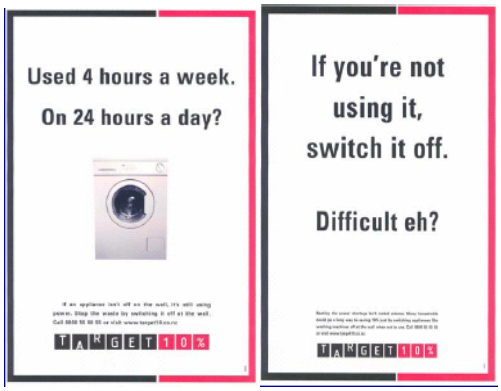


شکل (٤): کاهش مصرف تخمینی و فرصت کشورها قبل از کمبود(* بدون وقوع خاموشی گسترده)

- پس‌از آتش گرفتن یک ترانسفورماتور در آریزونای آمریکا، از مشترکین خواسته شد دمای تنظیم ترموستات‌های خود را چند درجه افزایش دهند و زمان قطع پمپ‌های چاه خود را برای پیک تنظیم نمایند. این دو اقدام موجب کاهش پیک‌بار و پرهیز از خاموشی گسترده برای چند هفته، تا زمان نصب یک ترانسفورماتور جدید، شد.
- در برزیل و کالیفرنیا ده‌ها میلیون لامپ کم‌مصرف با چندین سطح یارانه و حتی رایگان برای طبقات کم درآمد، توزیع شد. بازار لامپ کم‌مصرف در کالیفرنیا به‌طور قابل ملاحظه تغییر یافت و به میزان چند برابر سرانه بازار در بقیه نقاط امریکا افزایش یافت.
- میلیون‌ها برزیلی فریزرهای خود را در زمان بحران خاموش کردند. این اقدام به تنهایی برای کاهش ۲۰ درصدی مورد نیاز دولت کافی بود. استفاده از فریزر و خرید فریزرهای جدید، هرگز به سطح قبل از دوره بحران، نرسید.
- در توکیو با اقدامات دقیق و پیگیری؛ صاحبان مشاغل، تجهیزات برقی کار اداری و دفتری خود را طی ساعات ناهار خاموش و از پریز خارج کردند.
- در زلاندنو حدود ۱۰٪ مصرف برق خانگی ، مصرف حالت انتظار وسایلی مانند تلویزیون، VCR، اجاق مایکروویو، ماشین لباسشویی، رایانه و چاپگر بود. مشترکین تشویق شدند تا هنگامی که با این تجهیزات کار ندارند آنها را خاموش و از پریز خارج نمایند. شکل ۵ نمونه تبلیغات آموزشی، انگیزشی و اطلاع‌رسانی برنامه هدف ۱۰٪ (TARGET 10%) را نشان می‌دهد. پیام، کوتاه با طنز یا پرسش بوده برای علاقمندان، چند سطر توضیح بیشتر در پایین اعلان ارائه شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

- در کالیفرنیا حدود یک میلیون لامپ چراغ‌های راهنمایی و رانندگی با لامپ‌های LED پربازده جایگزین شد و حدود ۶۰مگاوات؛ معادل برق مورد نیاز برای تامین ۶۰ هزار خانه؛ صرفه‌جویی شد.
- قیمت زیاد برق طی دوران کمبود، باعث توقف فعالیت برخی از صنایع پرمصرف دارای قراردادهای بلندمدت و قیمت ثابت برق شد. آنها برق پیش‌خرید شده را با سود قابل ملاحظه بازفروش کردند. در شمال‌غرب امریکا و پس از آن در کالیفرنیا، چندین کارخانه ذوب آلومینیوم، فعالیت‌های تولید را متوقف و ۵۰۰۰ مگاوات برق را بازفروش نمودند. این نوع اقدام به‌تنهایی از بروز خاموشی‌های گسترده و متعددی جلوگیری نمود.
- بسیاری‌از کارخانه‌های توکیو با تغییر برنامه تولید و تعطیلات سالانه، فعالیت ایام اوج مصرف را متوقف نمودند[۱۲].



شکل (۵): نمونه اعلان‌های عمومی طرح کاهش ۱۰٪ زلاندنو

الگوهای قابل استفاده در ایران و تجارب ملی

مدل‌سازی رفتار اجتماعی برای کاهش سریع مصرف، حتی در کشورهایی که به پایداری نسبی در میزان تقاضا رسیده‌اند، بسیار دشوار است و همانطور که در بخش‌های قبل نشان داده شد، عملا همانند جعبه‌ای سیاه، ورودی و خروجی‌ها نشان داده می‌شوند. مشکل مضاعف کشور ما، تعرفه‌های ارزان برق و رشد دست‌کم ۶ درصدی مصرف، حتی در خاموشی تابستان ۸۷ و علی‌رغم کاهش ۵۰ درصدی روشنایی معابر، تبلیغات گسترده و خاموشی اجباری برخی صنایع بوده است. اگرچه در بهار ۸۸ رشد نزدیک به صفر به دلایلی مانند توزیع گسترده لامپ‌های کم‌مصرف از نیمه دوم سال ۸۷، خنکی حدود ۴ درجه‌ای هوا نسبت به سال ۸۷ (تاثیر هر درجه خنکی هوا حدود یک درصد کاهش پیک است) و رکود برخی صنایع؛ مشاهده شد، اما ریشه‌های اصلی رشد نامتعارف مصرف به قوت خود باقی هستند. به‌بیان دیگر وضعیت زمستان ۸۷ و بهار ۸۸ نباید موجب استثنا تلقی شدن خاموشی تابستان ۸۷ گردد، دست‌کم در بخش صنعت، توسعه صنایع انرژی‌بر، حتی با تکنولوژی دست‌چندم فولاد هند و ترکیه، به صورت گسترده تداوم دارد. از این‌رو وقفه رشد در سال ۸۸ می‌تواند موقتی باشد و ضرورت دارد آمادگی کافی برای استفاده از روش‌های کاهش سریع مصرف، ایجاد شود. باتوجه به مطالب اشاره شده

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

از تجارب جهانی، الگوهای تلفیقی زیر، پیشنهاد می‌شوند؛ هرچند نقش انکارناپذیر قیمت برق، به‌عنوان عمود خیمه صرفه‌جویی، به‌جای خود باقی است.

- اختصاص تخفیف همکاری و آمادگی همکاری صنایع در ساعات روز (مشابه طرح‌های بازفروش): درحال حاضر این همکاری به‌صورت محدود و غیر سازمان‌یافته و با انگیزه عمدتا اخلاقی صنایع؛ در شرایط اضطراری انجام می‌شود. پیشنهاد می‌گردد بیش از تخفیف تعطیلات تابستانی که تقریبا معادل بازفروش برق خریداری به دو برابر بهای تحویلی است، معادل بهای انرژی ساعات اوج مصرف در قبال مصرف کاهش یافته در روز به صنایع تخفیف داده شود. لازم به ذکر است انگیزه مالی همکاری صنایع در ساعات عادی به‌دلیل ارزانی نسبی برق، به‌مراتب کمتر از همکاری در ساعات اوج مصرف است، ازاین‌رو مبلغ تخفیف باید بیشتر از تخفیف ساعات اوج مصرف باشد. شرکت برق منطقه‌ای یزد در تابستان ۸۷ در قالب پیشنهادی برای اخذ مجوزهای خاص تعرفه‌ای، اجازه تعمیم تخفیف آمادگی همکاری صنایع از ساعات اوج مصرف به کلیه ساعات را از معاونت برق و امور انرژی وزارت نیرو اخذ نمود. از آنجا که در منطقه جنوب شرق کشور نیاز مصرف ساعات میانی روز قابل ملاحظه است، این مجوز توانست در برخی روزها تا حدود ۴۰ مگاوات از خاموشی‌ها را کاهش دهد. (در گذشته به‌صورت اجباری و بدون قدردانی مالی از این پتانسیل استفاده می‌شد و از این‌رو انگیزه همکاری و تبادل اطلاعات دربارهٔ وضعیت لحظه‌ای صنعت و پتانسیل کاهش بار ضعیف‌تر بود) این مجوز می‌تواند به‌صورت عام در تعرفه‌ها لحاظ شده، با توجه به خسارات ملی خاموشی، اعتبارات آن نیز به صورت ملی دیده شود.
- ارایه تجهیزات و خدمات رایگان خانه به خانه برای کم‌درآمدترین مشترکین و افزایش یارانه تجهیزات پربازده: هزینه جایگزینی تجهیزات پربازده از دیدگاه مصرف‌کنندگان غالبا زیاد؛ و از منظر بخش تولید اندک است. در مراجع [۱۳] و [۱۴] بازگشت سرمایه چند ماهه تا یک‌ساله جایگزینی رایگان لامپ‌های کم‌مصرف و تجهیزات پربازده چاه‌های کشاورزی، از دیدگاه هزینه‌های ملی؛ نشان داده شده است. در تجربه منطقه پایلوت عشق‌آباد طبس؛ با مشکل افت ولتاژ شبکه طولانی فشار متوسط، حدود ۱۵٪ از مصرف منطقه با توزیع شبه رایگان لامپ کم‌مصرف و نصب رایگان خازن برای الکتروموتورهای کشاورزی در مدت کوتاهی کاهش یافت. در تجربه‌ای دیگر با نصب رایگان و خانه به خانه حدود ۱۵۰۰۰ لامپ کم‌مصرف بین مددجویان کمیته امداد استان یزد، حدود ۲۰٪ از مصرف برق نمونه مشترکین بررسی شدهٔ تحت پوشش طرح کم شد[۱۳]. زیربنای سازمان یافته و معتمد کمیته امداد و مددکاران آن، اجرای سریع طرح را میسر نمود. به هرحال ارزانی برق موجب کم‌توجهی مضاعف مردم شده و بهینه‌سازی آن در کوتاه‌مدت، نیازمند سرمایه‌گذاری ملی و دولتی؛ شبیه یارانه است. از آنجا که برنامه تهیه و توزیع ۱۰۰ میلیون لامپ کم مصرف در سطح کشور درحال اجرا می‌باشد، به‌نظر می‌رسد پتانسیل کاهش مصارف روشنایی حتی در طبقات درآمدی فقیر روبه کاهش باشد؛ از این‌رو توجه به دیگر اقدامات بهینه‌سازی خانه به خانه، مانند بهینه‌سازی مصرف کولرهای آبی با اقداماتی مانند نصب سایبان یا رنگ‌آمیزی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

بدنه و کانال‌ها با رنگ عایق سفید، آموزش استفاده از رسوب‌گیرهای ارزان و دردسترس مانند پودر ماشین لباس‌شویی و ... می‌تواند پتانسیل‌های نهفته بهینه‌سازی را در کوتاه‌مدت فعال نماید.

- حذف نمادهای منفی صرفه‌جویی : هنگامی که لامپ‌های روشنایی معابر روشن‌مانده در ساعات اولیه صبح و روشنایی خیره‌کننده برخی سازمان‌های دولتی، مراکز تجاری، رستوران‌ها و حتی سبزی‌فروشی‌ها مشاهده می‌شود، تاثیر بسیاری از تبلیغات کاهش مصرف و ضرورت آن؛ خنثی می‌شود. ممکن است سهم نسبی این مصارف کم باشد؛ اما تاثیر نمادین آنها زیاد است. پیشنهاد می‌شود مشابه تجارب ذکرشده؛ برای رفع این نمادهای منفی در اولویت اقدام شود. به‌عنوان نمونه مشابه، طی سال‌های گذشته استفاده از لامپ‌های مدادی در مغازه‌های پاکستان، ممنوع و همچنین از طریق اجرایی برای عملیاتی شدن این قانون، اقدام شده است. خوشبختانه در تابستان ۸۷ ابلاغیه‌هایی برای ممنوعیت این روشنایی‌ها صادرشد، اما متاسفانه زمینه اجرایی نهادینه برای آنها کافی نیست. نیروی انتظامی کشور ازنظر تعداد محدودیت دارد: در ایران به‌ازای هر ۹۰۰۰ نفر و در آلمان به‌ازای هر ۸۵۰ نفر جمعیت یک پلیس وجود دارد. ازاین‌رو برای چنین فعالیت‌های انضباطی مستمر، حتی درصورت وجود قانون، نیاز به نیروهای مکمل است. برمبنای تجارب دیگر کشورها، فعال نمودن نیروهای کم‌هزینه مانند دانشجویان، با مراجعات مکرر هر هفته یا هر ده روز یک‌بار، و افزایش تدریجی سطح سخت‌گیری از تذکر و ابلاغ و نهایتا اخطار کوتاه‌مدت برای قطع برق، می‌توان عمده روشنایی‌های غیر استاندارد را برطرف نمود و البته برای موارد انگشت‌شمار بی‌توجه به مراجعات چندباره، از قوه قهریه استفاده نمود. به‌طور خلاصه مسئله اصلی *سازمان‌دهی* و نه تامین مالی موضوع است.
- بهره‌گیری از مشارکت و غرور ملی؛ برنامه‌ریزی و مانور آمادگی: آیا همکاری مردم برزیل برای کاهش۲۰درصدی مصرف برق، بیشتر به‌عنوان یک نقطه ضعف دیده می‌شود و یا همانند رتبه یک آنها در فوتبال، نماد پتانسیل کار گروهی سریع و مایه سربلندی است؟ البته با برنامه‌ریزی، اجرا در مناطق نمونه و آمادگی برای اجرای چنین برنامه‌هایی می‌توان آنها را با سخت‌گیری کمتر و ادبیات ملایم‌تر نیز اجراکرد. به‌عنوان نمونه و در حد یک ایده، آیا از ملت ایران، نمی‌توان تقاضا کرد، در خانه‌هایی که بیش از یک کولر دارند، برای ساعاتی از روز با استقرار در اتاق‌هایی کمتر؛ یکی از کولرها را خاموش‌نمایند؟ به‌خاطر بیاوریم ۱۰٪ صرفه‌جویی همگانی می‌توانست خاموشی گسترده تابستان ۸۷ را برطرف کند. اما چنین روش‌هایی آزموده نشدند و عمدتا در ارتباط با مردم به ارائه توضیحات و درخواست‌های کلی، بسنده شد. باتوجه به برآورد جدی امکان تکرار چنین کمبودهایی، سنجش میزان تاثیر روش‌های مختلف در مناطق پایلوت، و بسترسازی آمادگی اجرا شبیه مانور زلزله و آتش‌سوزی؛ برای کاهش خسارات و بی‌نظمی در زمان بحران احتمالی ضرورت دارد.
- توسعه استفاده از زیربنای بخش تعاونی و خصوصی : شرکت برق منطقه‌ای یزد برای توزیع لامپ‌های کم‌مصرف، با پذیرش وجه پرداختی شرکت‌های تعاونی در اقساط ۸ ماهه؛ پتانسیل بخش تعاونی و ازطریق آنها عمده‌فروشی و خرده‌فروشی را طی سال‌های ۸۲ تا ۸۴ تقویت نمود و به‌عنوان نمونه از ۵ میلیون شعله لامپ یارانه‌ای طرح صاایران، ۱۵٪ در استان یزد، توزیع شد. استان تهران با ۱۴٪ و خراسان با ۱۳٪ در رتبه‌های دوم و

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

سوم بوده‌اند. به‌بیان دیگر با سازوکار مناسب و تسهیلات و اعتماد بیشتر، توزیع لامپ حدود ۱۰ برابر جمعیت نسبی استان بوده‌است و بخش مهمی از این سیاست‌ها به مناطق دیگر نیز قابل تعمیم است. ازآنجاکه نیروی متخصص ارزان (و نه کارگر ارزان) در کنار انرژی ارزان دو مزیت جهانی برای ایران است، سازمان‌دهی خدمات فنی ارزان‌قیمت و اشتغال‌زای بهینه‌سازی مصارف، کم‌هزینه‌تر از دیگر کشورها خواهد بود.

نتیجه‌گیری

کمبود ناگهانی برق، پدیده ویژه‌ای است و هر منطقه آن را به‌صورتی منحصربه‌فرد تجربه می‌کند. اما غالبا امکان کاهش سریع تقاضای برق وجود دارد. تجارب موفق کاهش ۳ تا ۲۰ درصد نیاز مصرف، در کشورهای مختلف به‌دست آمده است. برآوردی از سود خالص و هزینه‌ها دردسترس نیست، با این حال کاهش تقاضا عمدتا بدون هزینه و خسارات سنگین اقتصادی و معضلات اجرایی حاصل شده است. این نتایج و سیاست‌هایی که منجر به صرفه‌جویی‌ها شدند، اهمیت ویژه‌ای دارند، زیرا کمبودهای ناگهانی و گسترده در تامین برق، با احتمال بیشتری از گذشته رخ می‌دهد.

اصلاح قوانین، آزادسازی صنعت‌برق و استقرار بازار برق، موجب کاهش سطح ذخیره تولید و حاشیه‌های امنیت زنجیره کلی تامین برق شده، ازاین‌رو سیستم تامین برق بیش از گذشته در برابر پیشامدهای غیرمترقبه آب و هوا و دیگر اتفاقات، آسیب‌پذیر شده است. تغییر آب و هوای جهانی، به‌صورت افزایش شدت تغییرات جوی و درنتیجه بروز چنین وقایعی، نمایان شده است.

سیاست‌های کاهش سریع تقاضای برق، نمی‌توانند جانشین رفع مشکلات سمت تولید باشند. ولی می‌توانند در مدت تعمیر یا رفع حوادث استفاده شوند. بهینه‌سازی سازمان‌یافته رایگان یا ارزان مصارف صنعتی، جایگزینی گسترده لامپ‌های کم‌مصرف با یارانه متناسب با جوامع هدف، بازگشت به استفاده از سوخت به‌جای برق، اطلاع‌رسانی و استفاده از رسانه‌ها، نرخ‌های تشویقی و تنبیهی، تشویق خاموش‌کردن تجهیزات به‌جای حالت انتظار، جیره‌بندی مصرف برق، خاموش‌کردن فریزرها، تنظیم دمای محیط، اقدام نمادین کاهش روشنایی تجاری، بازفروش برق صنایع به بازار برق، خاموش‌کردن رایانه و چاپگر در محیط‌های اداری و تجاری هنگام ناهار؛ از روش‌های استفاده شده هستند.

به بیان خلاصه راهکارها کمتر تکنولوژیکی و عمدتا ازطریق سیاست‌گذاری برای تغییر وضعیت و رفتار می‌باشند. ازاین‌رو برای رفع بحران محتمل اشاره شده، نقش سازمان‌دهی و مدیریت، مهمتر از منابع مالی می‌باشد.

اگر قبل از بحران تاثیر روش‌ها در مناطق پایلوت و در قالبی همانند مانور زلزله یا آتش‌سوزی، آزموده و زیربنای مورد نیاز طراحی و آماده گردد؛ از خسارات گستردهٔ اجرای سریع فرضیه‌ها ازطریق سعی و خطا در سطح کلان، پرهیز خواهدشد.

ارزانی بهای برق و دارابودن بیشترین رشد مصرف برق در دنیا، تجربه خاموشی تابستان ۸۷ و احتمال تکرار آن، ضرورت توجه و آمادگی برای کاهش سریع مصرف برق را برای ایران ایجاب می‌نماید. استفاده گسترده از تجهیزات کم‌بازده و رفتار مصرف برق بیش از نیاز، پتانسیل قابل‌ملاحظه‌ای را نمایان می‌سازد. نمونه نتایج مناطق پایلوت کم‌درآمد در

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-16]

استان یزد؛ ۱۵ تا ۲۰ درصد کاهش سریع انرژی و پیک‌بار مشترکین خانگی را تنها با *اجرای یک یا دو روش*، نشان داده است. همچنین جدیت در حذف نمادهای منفی، شفافیت و صداقت بیان وضعیت به مردم برای تبدیل نشدن بحران به فاجعه و رده‌بندی اولویت‌های اقتصادی بقای صنعتی برای زمان الزام انتخاب بین گزینه های بد و بدتر و احیانا تامین منابع مالی برای بازخرید صنایع انرژی‌برِ کم‌کاربر و کم‌سود، ضرورت دارد.

منابع

[1] Meier,A. " Saving Electricity Quickly " , International Energy Agency, 2005 (www.iea.org).

[2] Easterling, D.R. Evans, J.L.Ya Groisman, P. Karl, T.R. Kunkel, K.E. and Ambenje. P. "Observed Variability & Trends in Extreme Climate Events: A Brief Overview" Bulletin of the American Meteorological Society, 81, 417-425, 2000.

[3] EDF. 2004. “Particuliers: Tout Savoir sur Tempo”. http://edf.fr Paris, France, Electricité de France.

[4] Pang, T. “Energy Efficiency as a Resource.” Presentation at the ACEEE Market ransformation Meeting at Berkeley, CA. 2003 June 23. Washington, D.C., American Council for an Energy-Efficient Economy.

[5] Rosenberg, M. “Finding Quick Electricity Savings in the Compressed Air Business. ” Presentation at the International Energy Agency Workshop, “Saving Electricity in a Hurry”, Paris France: www.iea.org, 2003 June 20.

[6] CAISO, “ System Conditions ” http://caiso.com/ ,California Independent System Operator, 2004.

[7] LBNL, “Currentenergy Website.” http://currentenergy.lbl.gov, Lawrence Berkeley National Laboratory,2004.

[8] TEPCO, “Actual Supply and Demand for Summer 2003” www.tepco.co.jp ,Tokyo, Japan, Tokyo Electric Power Company, 2003.

[9] McAuliffe, P. “Northwestern United States Aluminum Industry Response to High Electricity Prices Or How the Aluminum Industry Saved the West.” Presentation at the International Energy Agency Workshop, “Saving Electricity in a Hurry”, Paris, France, www.iea.org, 2003 June 20.

[10] Almeida, E. Federal University of Rio de Janeiro. Personal Communication, 2003 September 17.

[11] The Japan Times Online, “Power Crisis Helped Public Save Energy” Tokyo, Japan , 2003 November 23. (www.japantimes.co.jp).

[12] www.iea.org/textbase/papers/2005/savingelec_fact.pdf.

[۱۳] Ƽ ℍƐ◌Ã℔g ǰ ◌ø◌ǰ◌ǵ◌Ɣ ◌" ◌ÙƐ◌dž◌ø◌ǭ ◌ƿ ◌ŭ◌ǽ◌Ɲ◌ǹ ◌Oǰ◌ƽ ◌ǰ◌Ɣ ◌ā◌Ɛ◌ǹ ◌ǰ◌Ɛ◌ǹ ◌ǰ◌ƴ◌ǹ ◌Æ◌ĭ◌ā◌ǽ◌ƿ ◌Nǰ◌Ɛ◌ǁ ◌ / ◌ŕ◌ŕ ◌Å◌Ɣ◌Ƙ◌dž◌ǰ◌ā◌Ɛ◌ǰ◌Ů ◌ÙƐ◌dž◌ǭ ◌Oǽ◌Ɛ◌ź◌ƴ◌ǭ ◌. ◌Ɨ ,◌Å◌Ɣ◌ź◌ù◌ā◌Ɛ◌ǁ .ēđ Ơ ǂ ℍ◌ǁ◌ź◌Ɣ◌ǰ◌Ɨ ◌ź◌ā◌Ɛ◌ǁ◌ơ ◌ǰ◌ā◌Ɛ◌ǹ ◌ŭ◌ā◌Ɲ◌Ǹ◌ơ ◌Å◌ǩ◌Ǵ◌Ğ◌ǁ◌ǁ

[۱۴] ƹ◌Ɨ ◌Ɛ◌ǰ◌ź◌ǵ◌ǵ◌ǵ◌ź◌ǵ◌ǵ◌ǵ