

یک راهبرد کاهش مصرف انرژی با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در شبکه ICT کشور

جهانگیر دادخواه چیمه

استادیار، مخابرات، مرکز تحقیقات مخابرات ایران، تهران
dadkhah@itrc.ac.ir، ۱۴۳۹۹۵۵۴۷۱ صندوق پستی

چکیده

رشد رو به جامعه و افزایش تولید ناخالص ملی مستلزم توسعه مخابرات و افزایش مصرف انرژی می باشد. توسعه مخابرات خود موجب افزایش مصرف انرژی می باشد. در ایران تقریباً ۷٪ انرژی تولیدی از نوع تجدیدپذیر می باشد که از متوسط جهانی کمتر است. اگر حداقل ۲ درصد کل انرژی الکتریکی ایران مربوط به ICT باشد انرژی الکتریکی مصرفی ICT در ایران حدود ۴۷۴۸ میلیون کیلووات ساعت است که مولد آلودگی های محیطی می باشد. در نتیجه علاوه بر لزوم توسعه انرژی های تجدیدپذیر در کشور باید اپراتورها را نیز ملزم به استفاده روز افزون از این انرژی ها نمود. در این راستا یکی از راهبردهای کاهش مصرف انرژی در شبکه های مخابراتی استفاده از تجهیزات کم مصرف یا سبز در مراکز می باشد که استانداردها و روابط آن در این مقاله ذکر شده است. راهبرد دوم در این مقاله به صورت مرحله ای می باشد که اپراتورها را در مراحل زمانی مختلف ملزم به جایگزینی انرژی های مبتنی بر سوخت های فسیلی با انرژی های تجدیدپذیر کرده است.

کلید واژگان: مصرف انرژی، مراکز مخابراتی، راهبرد مرحله ای، انرژی تجدیدپذیر.



A New Energy Consumption Reduction Strategy Using Renewable Energies in the ICT Network

Jahangir Dadkhah Chimeh

Iran Telecommunication research Center, Tehran, Iran
P.O. Box 1439955471, Tehran, Iran, dadkhah@itrc.ac.ir

Abstract

Upswing trend in society GDP requires a communication development and increasing the energy consumption. Communication development, itself, incurs increasing the energy consumption. About 7% of power generation is of renewable type in Iran which is less than its average in the world. Supposing 2% of electric power in Iran consumes in ICT, we find 4748 million kwh energy consumption in ICT domain which in turn, generates environmental pollution. Thus, in addition to developing the renewable energy usage in the country, operators should be requested to use these energies more day-to-day. In line with that, using the green equipment is our first strategy for operators to consume the energy less. The second strategy is a stepwise one which requires the operators to substitute the fossil fuels with renewable energies.

Keywords: Energy Consumption, Communication centers, Renewable energy, GDP.



۱. مقدمه

فناوری ارتباطات و اطلاعات ICT نمادی سبز می باشد زیرا برای بسیاری از مشکلات محیطی مانند حمل و نقل، ارسال / دریافت مستندات و امور مالی راه حل دارد. از راه حل های شناخته شده ICT استفاده از مستندات بدون نیاز به چاپ کاغذی، ارسال نامه الکترونیکی بدون نیاز به هزینه حمل، دورکاری، دولت الکترونیک و غیره می باشد که علاوه بر کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار CO2 موجب صرفه جویی در فضای مورد استفاده و منفعت های مالی دیگر می گردد. در مقابل ICT خود موجب بروز مشکلات زیست محیطی دیگری می گردد که مصرف انرژی در تجهیزات ICT مولد بعضی از این مشکلات می باشد. اپراتورهای مخابراتی / داده ارایه دهنده سرویس های ICT می باشند که در قالب مراکز مخابراتی / داده آن سرویس ها را ارایه می نمایند. شبکه های ICT از دو بخش اصلی ثابت و رادیویی تشکیل می شوند. بخش ثابت شامل مراکز سوییچ و داده و بخش رادیویی شامل ایستگاه های فرستنده/گیرنده رادیویی می باشند. همچنین کاربردها و سرویس های مخابراتی نیز نقشی مهم در این شبکه ها دارند. با تکیه بر سه مورد فوق باید قدرت مصرفی کل شبکه بیسیم و ثابت شبکه را به گونه ای کم نمود که شبکه کیفیت سرویس خود را حفظ نماید.

امروزه افزایش مصرف توان و مشکلات زیست محیطی دو معضل مهم جوامع انسانی محسوب شده و این معضلات هر روز رو به افزایش می باشند. در راستای سیاست های کلی اقتصاد مقاومتی ابلاغی ۱۳۹۲/۱۱/۲۹ و سیاست های کلی محیط زیستی ابلاغی مقام معظم رهبری در ۱۳۹۴/۸/۲۶ و تفاهم نامه همکاری فی مابین سازمان محیط زیست و وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات در ۱۳۹۴/۱۲/۱۸ لزوم ایجاد یک راهبرد برای کاهش مصرف انرژی در شبکه های مخابراتی کشور تایید گردید. همچنین در راستای اجرای بند ۴۴ قانون اساسی و خصوصی سازی و حذف رایانه در زمینه مصرف انرژی لزوم کاهش مصرف انرژی در مراکز ثابت و سیار تایید گردید. یکی از موارد دیگر که اهمیت انرژی را نشان می دهد قانون اصلاح قانون مصرف انرژی مصوب ۸۹/۱۲/۴ مجلس شورای اسلامی می باشد.

خدمات اصلی اپراتورهای مخابراتی در دو حوزه ثابت و سیار ارایه می گردند و هرچند صرفه جویی در هر دو حوزه لازم می باشد اما تاکنون مصوبه یا آیین نامه ای برای کاهش مصرف انرژی اپراتورها پدید نیامده است و این مقاله در راستای ایجاد یک پیوست انرژی برای پروانه اپراتورهای مخابراتی تهیه شده است [۱].

مراکز مخابراتی / داده سهم موثری در مصرف انرژی و در نتیجه آلودگی های زیست محیطی دارند که به دو روش می توان نسبت به کاهش مصرف انرژی آنها اقدام نمود. اول طراحی بهینه شبکه های مخابراتی است که مولف در مقاله [۶] به آن پرداخته است و دوم استفاده از تجهیزات کم مصرف و منابع تغذیه تجدیدپذیر برای تامین انرژی مراکز می باشد که در این مقاله به آن می پردازیم.

سیستم تامین انرژی در یک مرکز مخابراتی شامل برق شهر، منبع تغذیه اضطراری که دیزل ژنراتور می باشد، سوییچ انتقال اتوماتیک وضعیت برق مصرفی ATS که موجب کلید زنی برای تغییر منبع برق مصرفی می باشد،

UPS که یک منبع تغذیه برای شارژ باتری ها در زمان وصل برق و تامین برق مصرفی مراکز در زمان قطع برق می باشد، اطاق باتری، واحد توزیع ماژول های انرژی PDPM که وظیفه دریافت برق از شبکه اصلی و توزیع آن به نقاط مختلف را به عهده دارد و واحد توزیع توان PDU که واسط بین PDPM و مصرف کننده های اصلی در مراکز است، می باشد [۲]. در مقابل، بخش های اصلی مصرف کننده انرژی در شرکت های مخابراتی شامل سوییچ ها، روترها، سرورها، BTS، BSC ها، واحدهای انتقال داده نوری، کابلی و رادیویی، واحدهای تهویه و روشنایی و سیستم های اعلان و اطفای حریق می باشند [۳]. این بخش ها در نقاط مختلف کشور / شهرها و در مراکز مخابراتی / داده نصب شده اند و در دو بخش داخل ساختمانی و بیرون ساختمانی دسته بندی می گردند. منابع مورد استفاده در این مراکز شامل منابع DC و AC می باشند که کیفیت ساخت و مواد اولیه و راندمان مناسب، قابلیت اطمینان، ماژولار بودن و در نتیجه قابلیت در اختیار داشتن توان های مختلف از خصوصیات مهم تامین این منابع می باشد. مقالات مختلفی از جمله [۴] و [۵] و [۶] به محاسبه مصرف انرژی در مراکز مخابراتی پرداخته اند.

مدیریت یکپارچه و استفاده از استاندارد مصرف انرژی از موارد مهم و قابل بررسی در ارایه راهبرد مناسب بوده و بسیار تاثیر گذار است. همچنین بررسی نقش منابع تجدیدپذیر در تامین انرژی مراکز مخابراتی و مخابرات سبز در این راهبرد حایز اهمیت می باشد. مخابرات سبز یک روش کلیدی برای رشد شبکه های مخابراتی است بطوریکه بتوان به تقابل با اثرات زیست محیطی شبکه پرداخت. در مخابرات سبز با استفاده از انرژی های تجدید پذیر مانند انرژی خورشیدی، انرژی باد، زیست انرژی، انرژی زمین گرمایی، انرژی گرمایی و انرژی جزر و مد دریا اقدام به تولید انرژی می شود [۷]. در این رابطه باید قدرت مصرفی شبکه را به گونه ای کم نمود که شبکه کیفیت سرویس خود را حفظ نماید (نرخ داده، پوشش، تاخیر و غیره). موضوع دیگر در دسترس بودن منابع انرژی بازگشت پذیر Renewable در سایت های BS موبایل است که نقش مهمی در کاهش تولید CO2 دارد. این انرژی ها شامل باتری های خورشیدی قابل شارژ Photovoltaic (PV) و انرژی باد می باشد که با یک ژنراتور پشتیبان می تواند یک سیستم هیبرید تولید انرژی بازگشتنی را ایجاد نماید. یک سیستم هیبرید شامل یک توربین بادی، فوتو سل ها، ژنراتور دیزل، یک بانک باتری و اینورتور به عنوان سیستم پشتیبانی و مبدل DC به AC می باشد [۸ و ۹].

هدف این مقاله ارایه راهبرد برای استفاده از انرژی سبز در شبکه ICT کشور می باشد. در این راستا در بند ۲ انرژی های تجدیدپذیر و روند رشد آنها، در بند ۳ حجم شرکت های مخابراتی و میزان مصرف انرژی در آنها و وابستگی مصرف انرژی و حجم شرکت ها بررسی می گردد. در بند ۴ روابط و استانداردهای مصرف انرژی بررسی و در بند ۵ به تحلیل نتایج و استخراج راهبرد می پردازیم. در انتها نتیجه گیری بیان می گردد.

۲. انرژی های تجدیدپذیر و روند رشد آنها

انرژی های تجدیدپذیر از منابع طبیعی مانند نورخورشید، آب، باد و گرمای درون زمین بدست می آیند. این انرژی ها در مقابل انرژی های تجدیدناپذیر

همانگونه که مشاهده می شود سهم انرژی های تجدیدپذیر در دنیا کمتر از ۸ درصد و در خاورمیانه این سهم کمترین مقدار را در تولید توان داراست. به علاوه این دو شکل روند افزایشی استفاده از انرژی های تجدیدپذیر را در جهان نشان می دهد.

۳. حجم شرکتهای مخابراتی در ایران

شبکه های مبتنی بر ICT سالانه بطور تقریبی موجب مصرف ۲ تا ۱۰ درصد کل انرژی الکتریکی جهان و همچنین تولید ۲٪ گاز CO2 در جهان شده و این میزان مصرف نیز هر ساله در حال ازدیاد می باشد [۱۱]. به عنوان مثال شرکت مخابراتی ایتالیا باعث ۱٪ مصرف انرژی (حدود ۲۵۰۰۰ در سال) در این کشور شده که رتبه دوم مصرف انرژی در این کشور را داراست. از طرف دیگر اپراتور ودافن انگلیس روزانه ۵۰۰۰ انرژی مصرف می کند و قصد دارد تولید CO2 خود را تا سال ۲۰۲۰ تا میزان ۵۰٪ کاهش دهد [۱۲].

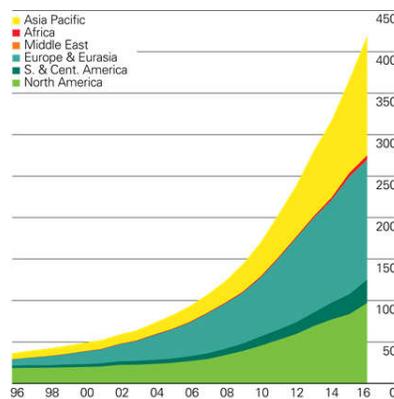
شرکت های مخابراتی در ایران شامل شرکت مخابرات استان تهران و ۳۰ اداره کل در استان ها می باشند که تعداد مشترکین آنها در سال ۱۳۹۴ به قرار جدول ۱ می باشد.

جدول ۱ تعداد مشترکین مخابراتی در ایران [۱۳]

مشترکین تلفن ثابت ۳۱ استان	۶/۳۴ میلیون مشترک
مشترکین تلفن همراه ۳۱ استان (همراه اول، ایرانسل و رایتل)	۶۷ میلیون مشترک
تعداد پورت دسترسی دیتا	۴/۶ میلیون پورت

یا فسیلی قرار داشته و در یک بازه زمانی کوتاه توسط طبیعت مجدداً ایجاد می شوند. انواع انرژی های تجدیدپذیر شامل انرژی های خورشیدی، زمین گرمایی، باد و امواج، هیدروژنی و پیل سوختی و زیست توده می باشند و در حوزه سوخت های پاک می باشند زیرا حداقل تولید CO2 را می نمایند.

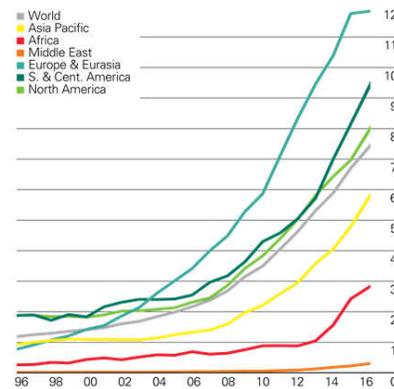
در کشور ایران بدلیل موقعیت جغرافیایی مناسب، در نقاط مختلف امکان تولید انواع انرژی های تجدیدپذیر موجود بوده و در نتیجه با صرفه جویی مصرف سوخت های فسیلی امکان صدور بیشتر آنها فراهم نیز فراهم می باشد. در جهان همه ساله میزان استفاده از سوخت های تجدیدپذیر در حال افزایش می باشد. شکل ۱ این میزان را برای نواحی مختلف جهان تا سال ۲۰۱۶ نشان می دهد.



شکل ۱ میزان استفاده از سوخت های تجدیدپذیر در نواحی مختلف [۱۰]

همانگونه که مشاهده می شود در خاورمیانه قابل مشاهده و مقایسه با دیگر نواحی در جهان نمی باشد.

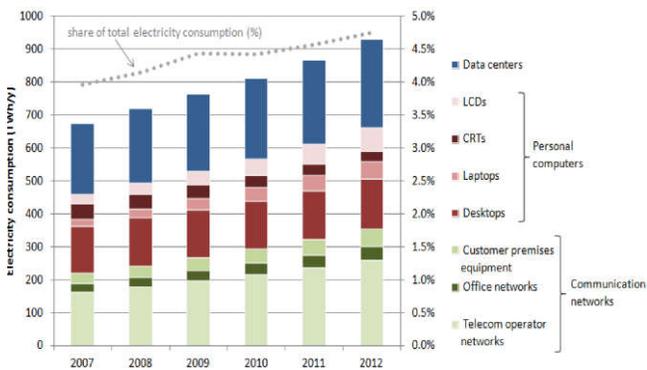
همچنین شکل ۲ درصد انرژی های تجدیدپذیر را در توان تولیدی در نواحی مختلف جهان را نشان می دهد.



شکل ۲ سهم انرژی های تجدیدپذیر را در توان تولیدی در نواحی مختلف [۱۰]

بیش از ۳۰ هزار سایت مربوط به دو اپراتور موبایل همراه اول و ایرانسل هستند و با افزودن اپراتور رایتل تعداد سایت های موبایل بیش از این می شود.

شکل ۳ مصرف انرژی در جهان برای شبکه های ارتباطی، مراکز داده و کامپیوترهای شخصی را نشان می دهد.



شکل ۳ برق مصرفی شبکه های ارتباطی، کامپیوترهای شخصی و مراکز داده در جهان [۱۴]



- استانداردهای دستیابی پهن باند ETSI SE 203 215 و ATIS-0600015.06.2013 شامل BTS 102 706 و ETSI ES 201 554
- استانداردهای هسته ETSI ES 201 554
- استانداردهای سرور ATIS-0600015.01.2009
- استاندارد سیستم-مدیریت-انرژی ISO 50001:2011 می باشد.
- و استاندارد TIA942 که مصوب کارگروه TR42.2 موسسه استانداردهای ملی امریکا ANSI می باشد مربوط به راهکارهای توزیع انرژی الکتریکی در مراکز مخابراتی است.

همچنین چهار رابطه زیر برای ارزیابی کمی مصرف برق در مراکز مخابراتی وجود دارد که اپراتورها برای ایجاد و توسعه مراکزشان باید از آنها استفاده نمایند [۲] و [۱۴].

الف- اثر استفاده از توان PUE

PUE، نسبت کل انرژی الکتریکی ورودی به یک مرکز مخابراتی به انرژی الکتریکی مورد استفاده تجهیزات ICT در آن است. یک PUE معادل دو، به معنای آن است که نیمی از برق مورد استفاده یک مرکز مخابراتی به تجهیزات ICT اختصاص یافته و سیستم‌های خنک‌کننده، روشنایی و اطفای حریق و توزیع فرعی برق نیز نیم دیگری از آن را مصرف کرده‌اند. در حقیقت، یک PUE کمتر از دو توصیه و هرچه PUE به یک نزدیک‌تر باشد، بهتر است (رابطه ۱).

$$PUE = \frac{\text{کل انرژی الکتریکی ورودی به مرکز مخابراتی}}{\text{کل انرژی الکتریکی مصرفی در تجهیزات ICT}} \quad (1)$$

ب- راندمان زیر ساخت مرکز مخابراتی DCIE

این رابطه معکوس PUE می باشد و همواره کمتر از یک است. در واقع هر چه DCIE به یک نزدیک‌تر باشد بهتر است (رابطه ۲).

$$PUE = \frac{\text{کل انرژی الکتریکی مصرفی در تجهیزات ICT}}{\text{کل انرژی الکتریکی ورودی به مرکز مخابراتی}} \quad (2)$$

ج- اثر استفاده از توان سبز GPUE

GPUE اثر محیطی توان مصرفی غیر مفید در مرکز مخابراتی را نشان می دهد (رابطه ۳)

$$GPUE = G \times PUE_i$$

$$G = \sum_i (1 + W_i) \times (\text{درصد منبع انرژی } i) \quad (3)$$

در این رابطه فرض شده است که چند منبع مختلف انرژی مانند برق سراسری، دیزل ژنراتور و... ورودی مرکز مخابراتی باشند و W_i وزن کربن تولیدی هر یک از آن منابع هستند.

همانگونه که مشاهده می شود این سهم از سال ۲۰۰۷ تا سال ۲۰۱۲ در جهان از ۳/۴٪ تا ۴/۶٪ درصد تغییر کرده است. در این شکل شبکه های ارتباطی شامل سه جزء شبکه های اپراتوری مخابراتی، دفاتر شبکه و تجهیزات مشترکین می باشند. جدول ۲ وضعیت مصرف انرژی برق کشور در حوزه های مختلف را بر حسب میلیون کیلووات ساعت بیان می کند. اگر حداقل ۲ درصد کل انرژی الکتریکی ایران مربوط به ICT باشد مطابق جدول ۲ انرژی مصرفی ICT در ایران برابر ۴۷۴۸ میلیون کیلووات ساعت می باشد.

جدول ۲ مصرف انرژی برق کشور (میلیون کیلووات ساعت) [۱۵]

شرح	تا پایان سال ۹۵	تا پایان شهریورماه ۹۶
خانگی	۷۸۳۷۸	۴۵۹۹۸
عمومی	۲۲۹۱۴	۱۳۳۰۳
کشاورزی	۳۶۲۲۲	۲۱۶۰۴
صنعتی	۷۷۶۰۳	۴۰۸۸۳
سایر مصارف (تجاری)	۱۷۶۲۰	۹۹۲۴
روشنایی معابر	۴۷۰۰	۲۲۱۹
کل فروش	۲۳۷۴۳۶	۱۳۳۹۳۱

جدول ۳ سوخت فسیلی مصرفی نیروگاه های شبکه سراسری تا پایان آذر ۱۳۹۶ را نشان می دهد. مطابق این جدول هنوز رشد مثبتی در مصرف سوخت های فسیلی که آلاینده اصلی محیط زیست می باشند وجود دارد. بنابراین استفاده از برق شبکه سراسری به معنی ازدیاد روزافزون سوخت فسیلی بوده و این امر تغییر روش تامین انرژی در مراکز مخابراتی را تایید می کند.

جدول ۳ سوخت مصرفی نیروگاه های شبکه سراسری [۱۵]

نوع سوخت مصرفی	میزان	واحد	رشد نسبت به سال ۹۵ (درصد)
سوخت مصرفی (گاز) نیروگاهها	۵۴۱۹۸	میلیون متر مکعب	۸/۶
سوخت مصرفی (گازوئیل) نیروگاهها	۲۶۰۷	میلیون لیتر	۰/۹
سوخت مصرفی (نفت کوره) نیروگاهها	۲۳۶۳		۴/۷

۴. روابط و استانداردهای مصرف انرژی

همانگونه که ذکر گردید یکی از راهبردهای کاهش مصرف انرژی در شبکه مخابرات استفاده از تجهیزات کم مصرف یا سبز در این شبکه می باشد. در این راستا چند استاندارد زیر برای صرفه جویی انرژی در مراکز مخابراتی ارایه می گردند که اپراتورها برای ایجاد و توسعه مراکزشان باید از آنها استفاده نمایند.

- استانداردهای تجهیزات شامل ITU-T L.1000, 1001, 1100, 1200
- استاندارد ITU-T L.1300 مربوط به Best practice های کاهش اثرات مراکز داده بر آب و هوا
- استانداردهای راتر ES 203 136 و ATIS-0600015.03.2013



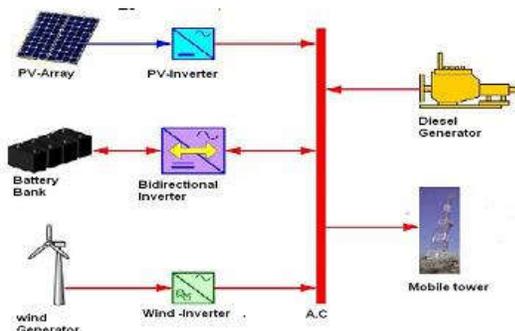
این نسبت نشان می دهد که در ایران افزایش مصرف انرژی موجب آلودگی بسیار بالا ناشی از سوخت های فسیلی در محیط می شود.

۱.۵ استفاده از منابع بازگشتنی

همانگونه که دیده شد در کشورهای با GDP بالاتر باید به مراتب از انرژی های سبز بیشتری استفاده نمود. استفاده از منابع انرژی بازگشت پذیر در مراکز مخابراتی نیز نقش مهمی در کاهش آلودگی دارد. از طرفی، قابلیت اطمینان و عدم قطع شدن شبکه های ارتباطی از پارامترهای بسیار مهم و حدود ۹۹,۹۹۹ می باشد و به این دلیل در مراکز مخابراتی بخش تامین انرژی چندگانه بوده و شامل باتری، اینورتور، دیزل ژنراتور و برق شهر می باشد. این موضوع توجه کننده سهولت جایگزینی انرژی فسیلی با انرژی های تجدیدپذیر که محدود و وابسته به شرایط محیطی و با قابلیت اطمینان نسبتا پایین تری است می باشد. بنابراین سیستم هیبرید تجدیدپذیر قابل نصب در مراکز مخابراتی شامل (شکل ۴):

- یک توربین بادی
- فوتوسل ها
- ژنراتور دیزل
- یک بانک باتری و اینورتور ۲۰۰۰۰ به عنوان سیستم پشتیبانی
- و مبدل DC به AC

می باشند. تامین این منابع و همچنین هزینه نگهداری ممکن است در مرحله اول برای اپراتور هزینه اضافه ای را تحمیل نماید اما در دراز مدت این هزینه جبران پذیر می باشد.



شکل ۴ یک سیستم هیبرید سبز [۵]

۲.۵ سیستم مدیریت انرژی ISO 50001:2011

این سیستم مدیریتی ساختاریست که در یک سازمان استقرار می یابد و با طرح ریزی و سیاستگذاری اهداف کلان انرژی در سازمان و تدوین روش های اجرایی، پایش و ممیزی مصرف انرژی سازمان، امکان مدیریت و کنترل مستمر مصرف انرژی و مدیریت اجرای راهکارهای کاهش مصرف انرژی را فراهم می سازد. سیستم مدیریت انرژی ISO 50001 توسط کمیته پروژه ISO/PC 242 مدیریت انرژی، تهیه شده است و در سال ۲۰۱۱ از سوی سازمان بین المللی استاندارد سازی ISO انتشار یافته است. هدف از استاندارد ISO 50001، توانمندسازی سازمان ها به استقرار سیستم ها و فرآیندهای لازم

د- راندمان Telco

راندمان تجهیزات مخابراتی Telco یا M_T از رابطه ۴ محاسبه می شود:

$$M_T = \frac{\sum_{i=1}^K b_i}{E_{DC}} \quad (۴)$$

که K تعداد سویچ ها و روترها در مرکز مخابراتی و b_i تعداد بیت های خروجی از آن تجهیزات در بازه اندازه گیری و E_{DC} کل انرژی مصرفی در پنجره مورد اندازه گیری می باشد.

علاوه بر موارد بالا توجه به این نکته لازم است که ممکن است برای کاهش مصرف انرژی اپراتورها نیاز به تغییر ساختار شبکه منصوبه داشته باشند که مولف در [۹] به آن پرداخته است.

۵. تحلیل نتایج و استخراج راهبرد

ارتباط بین مصرف انرژی، جمعیت، تولید ناخالص ملی و تولید CO2 در مقالات مختلفی از جمله مقالات [۱۶] و [۱۷] بررسی شده اند. همچنین طبق رابطه (۵) رابطه مستقیمی بین تولید ناخالص ملی GDP و اشتغال L و سرمایه گذاری در بخش ارتباطات K و مصرف انرژی EC به صورت زیر وجود دارد:

$$GDP=F(L, K, EC) \quad (۵)$$

طبق این رابطه دو فاکتور سرمایه گذاری در بخش ارتباطات و مصرف انرژی باعث رشد تولید ناخالص ملی می گردد. اما این افزایش در بخش انرژی باید به گونه باشد که باعث حداقل مصرف انرژی بخصوص از نوع فسیلی گردد یعنی حداکثر استفاده از انرژی های سبز به عمل آید. از طرفی مشاهده می شود که کل ظرفیت نصب شده نیروگاهی در ایران تا پایان سال ۱۳۹۶ به قرار جدول ۴ می باشد.

جدول ۴ کل ظرفیت نصب شده نیروگاهی [۱۵]

ظرفیت نصب شده نیروگاهی	میزان	سهم (درصد)	رشد به سال (درصد) ۹۵
بخاری	۱۵۸۲۹	۳۰/۲	۰
گازی	۲۷۵۳۲	۳۵/۴	۲/۱
چرخه ترکیبی	۲۰۲۷۰	۲۵/۹	۴/۱
برق آبی	۱۱۸۱۱	۱۵/۰	۲/۶
اتمی	۱۰۴۰	۱/۳	۰
تولید پراکنده (DG, CHP)	۱۱۰۹	۱/۴	۲۱/۱
انرژی های تجدید پذیر	۳۲۲	۰/۴	۲۲/۰
دیزلی	۴۳۹	۰/۶	۰

مطابق جدول ۴ قدرت عملی شبکه سراسری در حوزه حرارتی و اتمی برابر ۴۴۹۰۹ میلیون وات ساعت و این قدرت برای انرژی های سبز تنها برابر ۳۲۲ میلیون وات ساعت می باشد که نسبت آنها کمتر از ۰/۷ درصد می باشد و



[9] J. Dadkhah Chimeh, A Novel Algorithm for Evolution to Green Communications, 19th International Conference on Communications, 2015.

[10] British Petroleum Statistical Review of World Energy, 2017.
 [11] K. Kawamoto, J. G. Koomey et al., Electricity Used by Office Equipment and Network Equipment in the U.S.: Detailed Report and Appendices, LBNL-45917, 2001.
 [12] A. Baumgartner, T. Bauschert, Greening cellular radio networks: A numerical method for selection of detachable base stations in low traffic scenarios, *TIWDC*, 2013.

[۱۳] مستخرج از سایت شرکت مخابرات ایران www.tci.ir

[۱۴] B. Lannoo, S. Lambert, W. V. Heddeghem et al., Overview of ICT energy consumption, *FP7-2۸۸۰۲۱ – ۰۰۰۰۰ ۰۰۰۰۰ ۰۰۰۰۰*, 2013.

[۱۵] معاونت برنامه ریزی و اقتصادی وزارت نیرو، گزارش ماهانه آمار صنعت آب و برق، بولتن شماره ۵، ۱۳۹۶.

[۱۶] ا. دهقانی، بررسی تاثیر سرمایه گذاری ارتباطات بر رشد اقتصادی ایران، سایت شرکت مخابرات ایران، ۱۳۹۴.

[۱۷] م. سلیمانی بیشک و مصطفی شکری، کاظم عابدزاده، بررسی عوامل اقتصادی موثر بر انتشار گاز در اکسید کربن در ایران، نشریه انرژی ایران، ۱۳۹۶.

جدول کلمات اختصاری:

اختصار	شرح
ATS	Automatic Transfer Switch
BS	Base Station
ICT	Information & Communication Technology
UPS	Uninterrupted Power Supply
PDPM	Modular PDU
PDU	Power Distribution Unit
BTS	Base Transceiver System
BSC	Base Station Controller
PV	Photovoltaic
PUE	Power Usage Effectiveness
DCIE	Data Center Infrastructure Efficiency
GPUE	Green PUE
GDP	Gross Domestic Product

برای بهبود عملکرد انرژی شامل کارایی، بهره برداری و مصرف انرژی است. پیاده سازی استاندارد بین المللی ISO 50001 جهت کاهش تصاعد گازهای گلخانه ای و دیگر پیامدهای زیست محیطی و کاهش هزینه انرژی از طریق مدیریت سیستماتیک انرژی در نظر گرفته شده است. هرچند این استاندارد بین المللی برای انواع سازمان ها در اندازه های مختلف صرفنظر از شرایط جغرافیایی، فرهنگی یا اجتماعی قابل کاربرد است اما برای اپراتورهای مخابراتی و داده بسیار کاربردی می باشد. از روابط و استانداردهای ذکر شده در بند ۴ می توان در این سیستم مدیریت انرژی استفاده نمود.

۶. نتیجه گیری

افزایش مصرف انرژی و آلودگی های زیست محیطی در یک جامعه رو به رشد اجتناب ناپذیر است. از طرف دیگر مصوبات قانونی در مورد انرژی و آلودگی های زیست محیطی حرکت به سمت کاهش مصرف سوخت و آلودگی های زیست محیطی را الزامی می کند. یکی از نمادهای سبز که برای رشد جامعه و کاهش آلودگی ها مهم می باشد ICT می باشد که خود مصرف کننده انرژی و مولد آلودگی های زیست محیطی است. در نتیجه اپراتورهای ICT باید ضمن استفاده از تجهیزات کم مصرف و سبز، انرژی های تجدیدپذیر را جایگزین انرژی های فسیلی نمایند. در این راستا، باید پیوست انرژی از جانب نهاد حاکمیتی ICT تهیه گردیده و اجرای آن را به صورت مرحله ای به اپراتورها محول نماید به طوریکه در طی زمان معینی در مراکز مخابراتی / داده بجای انرژی فسیلی از انرژی های تجدید پذیر استفاده گردد. با توجه به وجود ساختار چندگانه تامین انرژی در این مراکز، استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در آنها کاملا منطقی می باشد.

۷. مراجع

- [۱] بخش اسناد سایت سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی www.cra.ir
- [۲] ا. امام جمعه، توزیع انرژی الکتریکی در مراکز داده بر پایه TIA942، ماهنامه شبکه ۱۸۵، سال ۱۳۹۵.
- [3] NTT, Technical Requirements for power-supply interface of communications equipment, *TR No. 176001-1.1*, 2۰۱۵.
- [4] C. Lange, R. Weidman, Energy Consumption of Telecommunication Networks and Related Improvement Options, *IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS*, VOL. 17, NO. 2, MARCH/APRIL 2011.
- [5] K. Kawamoto et al., Electricity Used by Office Equipment and Network Equipment in the U.S.: Detailed Report and Appendices, LBNL-45917, 2001.
- [6] J. D. Mitchell-Jackson, ENERGY NEEDS IN AN INTERNET ECONOMY: A CLOSER LOOK AT DATA CENTERS, Master Thesis of the University of California, Berkeley, 2001.
- [۷] ل. صیدآبادی و دیگران، امکانسنجی فنی-اقتصادی استفاده از منابع تجدیدپذیر به منظور تامین نیازهای گرمایشی، سرمایشی و الکتریسیته مناطق روستایی دورافتاده، فصل نامه علمی - ترویجی انرژی های تجدیدپذیر و نو، ۱۳۹۶.
- [8] P. Nema, S. Rangnekar, R. K. Nema, Pre-feasibility study of PV-Solar/Wind hybrid energy system for GSM type mobile telephony base station in central India, *ICCAE*, 2010.

