

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی سیستم‌های انرژی

پروژه درس تحلیل سیستم‌های انرژی

عنوان پروژه
تأثیر ویروس کرونا بر مصرف انرژی و محیط زیست

نگارش
فاطمه نوری-زهرا اسدی

استاد درس
جناب آقای دکتر رجبی

بهمن ۱۴۰۰

چکیده

همه‌گیری کووید-۱۹ شدیدترین چالش جهانی است که بشریت مدرن با آن مواجه شده است، برای جلوگیری از گسترش سریع ویروس در بین انسان‌ها، کشورهای سراسر جهان تصمیم گرفته‌اند اقدامات محدودکننده و محدودیت‌های جابجایی شدیدی را اجرا کنند که بخش‌های تجاری و صنعتی را فلج کرده است. مردم را مجبور کردند مدت طولانی را در خانه‌های خود بگذرانند. این گزارش مروری از تأثیر اقدامات برای جلوگیری از گسترش COVID-19 ارائه می‌دهد.

از عوامل تأثیرگذار بر بخش انرژی می‌توان به این موارد اشاره کرد: جنگ نفتی عربستان سعودی و روسیه، کاهش تقاضای انرژی به دلیل اعمال قرنطینه و ممنوعیت سفرها و همچنین عدم اطمینان در مورد تأثیر COVID-19 بر سلامت، معیشت و فعالیت‌های اقتصادی. در این پژوهش کاهش قیمت لحظه‌ای برق در سراسر جهان به دلیل کاهش تقاضای آن بررسی می‌شود و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در بهبود این شرایط پس از پایان کرونا شرح داده می‌شود.

واژه‌های کلیدی:

کرونا، قرنطینه، مصرف انرژی، محیط زیست، بازار انرژی

فصل اول مقدمه.....	۱
فصل دوم تاثیر ویروس کرونا بر مصرف انرژی و محیط زیست.....	۳
۱-۲- تاثیرات کلی کرونا.....	۴
۱-۲-۱- افزایش بیکاری و فقر.....	۴
۱-۲-۲- سقوط بازار سهام.....	۵
۱-۲-۳- سقوط قیمت نفت خام.....	۵
۱-۲-۴- اختلال و دامنه در فعالیت های تحقیقاتی علوم و مهندسی.....	۶
۱-۲-۵- تاثیر بر سبک کار و زندگی.....	۶
۱-۲-۶- تاثیر کرونا بر محیط زیست.....	۷
۱-۲-۶-۱- تاثیر بر کاهش گازهای گلخانه‌ای در چین.....	۹
۱-۲-۷- تاثیرات بر سیستم های قدرت - یک سناریوی جهانی.....	۱۳
۱-۲-۸- عدم قطعیت در سیستم های قدرت.....	۱۵
۱-۲-۹- تاثیر بر هزینه انرژی.....	۱۶
۱-۲-۹-۱- تاثیرات غیر مستقیم.....	۱۷
۲-۲- آثار کرونا بر مصرف انرژی کشورها.....	۲۱
۲-۲-۱- نیویورک، ایالات متحده آمریکا.....	۲۱
۲-۲-۲- ایتالیا.....	۲۱
۲-۲-۳- مانزانیلا(از شهرهای اسپانیا).....	۲۲
۲-۲-۴- استرالیا.....	۲۷
۲-۲-۵- هند.....	۲۸
۲-۲-۶- ایران.....	۲۹
۲-۲-۶-۱- تاثیر کرونا بر تقاضای برق.....	۳۲
۲-۳- بررسی اثرات کوتاه مدت و بلندمدت کووید-۱۹ بر انرژی و محیط زیست.....	۳۵
۲-۳-۱- اثرات کوتاه مدت.....	۳۵
۲-۳-۲- اثرات بلندمدت.....	۳۸
۲-۳-۲-۱- سناریو اول.....	۳۸
۲-۳-۲-۲- سناریو دوم.....	۳۹
فصل سوم جمع بندی و نتیجه گیری.....	۴۲
۳-۱- راهکارهای پیشنهادی.....	۴۳
منابع و مراجع.....	۴۷

شکل ۱ تغییرات در میزان انتشار NO ₂ در چین	۱۰
شکل ۲ تغییرات در میزان انتشار NO ₂ در ووهان چین	۱۱
شکل ۳ تاثیر کرونا بر رشد تقاضای جهانی نفت به تفکیک منطقه	۱۵
شکل ۴ تاثیر کرونا بر قیمت برق (تغییر از هفته دوم تا هفته سوم مارس ۲۰۲۰ در اروپا)	۱۷
شکل ۵ تقاضای برق در امریکا در دوران قبل از کرونا (PC) و حین کرونا (DC)	۲۱
شکل ۶ تقاضای برق در ایتالیا در دوران قرنطینه در سال ۲۰۲۰ در مقایسه با سال ۲۰۱۹	۲۲
شکل ۷ مقایسه مصرف انرژی شهر منزانیلا در دوران کرونا با میانگین مصرف انرژی سال های گذشته	۲۳
شکل ۸ مصرف انرژی مشتریان مسکونی و غیرمسکونی در دوران کرونا	۲۴
شکل ۹ خلاصه ای از فعالیت های اقتصادی مشتریان هر خوشه	۲۵
شکل ۱۰ نمودار جعبه ای هر خوشه	۲۶
شکل ۱۱ میانگین مصرف نرمال شده خوشه ها	۲۶
شکل ۱۲ بررسی بار روزانه استرالیا از فوریه تا آوریل ۲۰۲۰	۲۷
شکل ۱۳ کل مصرف انرژی هند بر حسب GWh	۲۸
شکل ۱۴ مشکلات ایجاد شده در اثر شیوع کرونا به تفکیک اثرگذاری بر عرضه و تقاضای برق	۳۰
شکل ۱۵ عوامل موثر بر عرضه برق با شیوع کووید ۱۹	۳۱
شکل ۱۶ مقایسه تغییرات برق مصرفی روزانه ایران در اسفند سالهای ۱۳۹۶، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸	۳۳
شکل ۱۷ مقایسه میزان مصرف برق در ساعات پیک روزانه در دوره مورد مطالعه، با مصرف متناظر سال گذشته (مگاوات)	۳۴
شکل ۱۸ تغییرات ساعتی میزان تقاضای برق روزانه در هفتههای متوالی از مارس تا آوریل ۲۰۲۰ و مقایسه با مقدار متناظر در سال ۲۰۱۹	۴۰
شکل ۱۹ (a) تغییرات تقاضای برق با مقایسه سالهای ۲۰۲۰ و ۲۰۱۹ (b) رشد نرخ تولید برق تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۰ (سبز رنگ) در مقایسه با سال ۲۰۱۹ (ابی رنگ)	۴۵

فصل اول

مقدمه

مقدمه

در پایان سال ۲۰۱۹، یک ویروس عجیب در ووهان چین ظاهر شد و باعث شیوع یک ذات الریه ویروسی نادر شد. بعدها، این ویروس کرونا توسط کمیته بین‌المللی طبقه‌بندی ویروس‌ها (ICTV) SARS-CoV-2 نام گرفت. سازمان جهانی بهداشت (WHO) COVID-19 را در ۳۱ ژانویه ۲۰۲۰ یک وضعیت اضطراری بهداشت عمومی با نگرانی بین‌المللی اعلام کرد و در ۱۱ مارس ۲۰۲۰، شیوع COVID-19 به عنوان یک بیماری همه گیر شناخته شد.

انتقال کووید-۱۹ بین انسان‌ها عمدتاً از طریق قطرات تنفسی ناشی از سرفه یا عطسه صورت می‌گیرد. بنابراین، برای کاهش سرعت گسترش COVID-19، دولت‌ها در سراسر جهان مداخلات سیاسی مختلفی را انجام داده‌اند، از فاصله‌گذاری اجتماعی تا قرنطینه‌های شدید و متوقف کردن فعالیت‌های اقتصادی غیر ضروری. این مداخلات، که منجر به فعالیت صنایع در ساعات کاری محدود، جابجایی افراد شاغل از خانه، مدارس و دانشگاه‌ها به حالت مجازی و فروپاشی صنعت هوانوردی شده است، تأثیر زیادی بر اقتصاد جهان داشته و باعث تخریب گسترده اشتغال و افزایش بی سابقه سطح فقر شد. چشم انداز اقتصاد جهانی آوریل ۲۰۲۱ رشد اقتصادی جهانی را ۳٫۳٪- در سال ۲۰۲۰ تخمین زد که رکود جهانی COVID-19 را به عمیق ترین رکود جهانی از پایان جنگ جهانی دوم تبدیل کرد.

اگرچه این بیماری همه گیر هنوز در چندین بخش از جهان تحت کنترل نبود، تأثیرات متنوع آن بر اقتصاد جهانی به طور قابل توجهی شهود بود. در بخش برق، اقدامات محصور کننده اثرات نامشخصی در تاریخ ایجاد کرد، که عمدتاً به دلیل کاهش شدید و طولانی مدت تقاضای برق ناشی از فلج شدن تجارت و صنعت، مصرف کنندگان بزرگ انرژی است. مجموع داده‌های آژانس بین‌المللی انرژی از ۳۰ کشور که دو سوم تقاضای جهانی انرژی را به خود اختصاص می‌دهند، نشان می‌دهد که کشورهایی که در قرنطینه کامل بودند، به طور متوسط ۲۵ درصد کاهش تقاضای انرژی در هفته اول قرنطینه و کشورهایی که در قرنطینه نسبی بودند، کاهش ۱۸ درصدی را تجربه کردند. انعطاف‌پذیری سیستم‌های قدرت در طول تاریخ با هدف جلوگیری از قطعی عرضه در صورت وقوع بلایای طبیعی بود. بنابراین، کاهش تقاضا، تغییر در الگوهای مصرف، و سطوح بالای بدهی که این بخش را در دهه‌های آینده همراهی خواهد کرد، چالش‌هایی هستند که همه سیستم‌های برق جهان به طور یکسان برای آن آماده نیستند.

فصل دوم

تاثیر ویروس کرونا بر مصرف انرژی و محیط زیست

۱-۲- تأثیرات کلی کرونا

بحران شیوع ویروس کرونا علاوه بر تهدید گسترده و عمیقی که برای سلامت جامعه ایجاد کرده است، همه‌ی فعالیت‌های اجتماعی از جمله فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی را نیز متأثر ساخته است؛ به نحوی که ابعاد همه‌گیری این بیماری و تبعات آن با همه‌ی بحران‌های پیشین قابل مقایسه نبوده و ضروری است که آثار این موضوع بر حوزه‌های حیاتی و استراتژیکی مانند انرژی که زیرساخت شریان اقتصادی است، مورد بررسی قرار گیرد.

شرایط قرنطینه زمان زیادی برای تأثیرگذاری بر اقتصاد نیاز نداشت، میلیون‌ها نفر بیکار شدند و نگرانی‌ها را برای یک بحران اجتماعی و اقتصادی در حال افزایش ایجاد کرد. این بیماری همه گیر همه انسان‌های جهان از جمله افرادی که در شرایط فقر زندگی می کنند، افراد دارای معلولیت، افراد مسن، جوانان و مردم بومی را تحت تاثیر قرار می دهد. بدیهی است که افراد فقیر، بیکار و بی خانمان بیشتر تحت تأثیر این ویروس قرار می گیرند، زیرا برای جستجوی غذا، کار و همچنین سرپناهی برای زندگی به شدت در معرض این ویروس قرار دارند. از سوی دیگر، کشورهای توسعه یافته بسته‌های محرک بسیاری را برای تقویت اقتصاد و همچنین تضمین حداقل استاندارد زندگی برای مردم خود ارائه کردند. این در حالی است که کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه در شرایطی نیستند که بتوانند به اندازه کافی از ملت حمایت کنند که این امر بر رنج مردم می افزاید.

از این رو، اتخاذ سیاستی برای مقابله با این بحران‌های اقتصادی اجتماعی برای کاهش نابرابری، تبعیض و بیکاری جهانی در میان مدت و بلندمدت ضروری است. این رویداد همه گیر بر حوزه های اجتماعی و اقتصادی یک کشور حداقل در زمینه های زیر تأثیر گذاشته است.

۱-۱-۲- افزایش بیکاری و فقر

اقتصاد جهانی به دلیل قرنطینه، ممنوعیت سفر، فاصله گذاری اجتماعی و سایر اقدامات انجام شده در کشورهای مختلف جهان به شدت تحت تاثیر قرار گرفته است. طبق گزارش سازمان بین المللی کار (ILO)، بیش از ۳۰ میلیون نفر به دلیل COVID-19 شغل خود را از دست داده اند. تنها در ایالات

متحدہ آمریکا بیش از ۲۰ میلیون نفر از دولت درخواست حمایت بیکاری کردند. این وضعیت نامطمئن باعث افزایش اضطراب، استرس روانی و همچنین فقر در سراسر جهان می شود، زیرا بسیاری از مردم شغل خود را از دست می دهند و برای مدیریت حداقل نیازهای زندگی خود گرسنگی می کشند، که به نوبه خود خشونت اجتماعی را افزایش می دهد.

۲-۱-۲- سقوط بازار سهام

عملیات صنعتی و کسب و کار برای اطمینان از فاصله گذاری اجتماعی به دلیل شیوع COVID-19 کند می شود. بازار سهام جهانی در مارس ۲۰۲۰ بیش از ۲۵ درصد سقوط کرد و قرنطینه مداوم می تواند منجر به رکود اقتصادی جهانی شود. داو جونز و FTSE بیشترین افت سه ماهه خود را در سه ماه اول از سال ۱۹۸۷ مشاهده کردند. حتی با بسته های محرک دولتی، اقتصاد نتوانست طبق معمول کار کند و جهان به دلیل کمبود تقاضا کمترین قیمت نفت را دیده است. تخمین زده می شود که شیوع COVID-19 در سال ۲۰۲۰ حدود ۱ تریلیون دلار برای اقتصاد جهان هزینه داشته باشد.

۲-۱-۳- سقوط قیمت نفت خام

قیمت بین المللی نفت در مارس ۲۰۲۰ به پایین ترین سطح از سال ۲۰۰۳ کاهش یافته است که دلیل آن اثر ترکیبی کاهش تقاضای COVID-19 و مسائل تجاری در میان عربستان سعودی، ایالات متحده آمریکا و روسیه است. قرنطینه دائمی جهانی که هفته های ابتدایی سال ۲۰۲۰ انجام شد، منجر به کاهش شدید قیمت نفت شد. با توقف تقریباً کامل حمل و نقل در سراسر جهان، تقاضا برای نفت کاهش یافت، با این حال، عرضه نفت از عربستان در بازار ثابت باقی ماند. این منجر به چیزی شد که می توان آن را سیل نفت در بازار با خریداران بسیار کمی نامید. (مازاد عرضه)

قیمت نفت خام در ماه های فوریه، مارس و آوریل ۲۰۲۰ به ترتیب ۱۲،۹، ۵۱،۶ و ۷۰،۶۳ درصد نسبت به قیمت سال ۲۰۱۹ در آن ماه ها کاهش یافت. به طور مشابه، تقاضای گاز طبیعی مایع آسیایی (LNG) به دلیل COVID-19 کاهش یافت و قیمت از ۷،۱۲ دلار / GJ در پایان سال ۲۰۱۹ به ۴،۴۴ دلار / GJ تا ۳۱ مارس ۲۰۲۰ کاهش یافت.

۲-۱-۴- اختلال و دامنه در فعالیتهای تحقیقاتی علوم و مهندسی

COVID-19 بر بسیاری از فعالیتهای تحقیقاتی در سراسر جهان تأثیر گذاشته است. طبق توصیه دولت و مقامات بهداشتی، اکثر آزمایشگاه ها/موسسات تحقیقاتی یا تعطیل هستند یا با حداقل کارکنان کار می کنند. به بسیاری از محققان، دانشمندان، استادان و محققان توصیه می شود که از خانه کار کنند.

با این حال، بسیاری از فعالیتهای تحقیقاتی وجود دارد که باید روی ماشین آلات انجام شوند، نیاز به آزمایش های آزمایشی متعددی دارند، بازدیدهای تحقیقاتی و آزمایش های میدانی در فضای باز از راه دور قابل انجام نیستند و تحت تأثیر قرار خواهند گرفت. از آنجایی که اکثر دولت ها و سازمان ها در سرتاسر جهان برای مبارزه با کووید تلاش می کنند، امکان تأخیر یا کاهش بودجه چندین فعالیت تحقیقاتی وجود دارد. از سوی دیگر، این بیماری همه گیر حوزه های تحقیقاتی چند رشته ای مانند تحقیق در مدیریت پیچیده اورژانس پزشکی، مراقبتهای روانی، احیای اقتصادی، مدیریت بخش برق را برای مدیریت بهتر سیستم قدرت در چنین شرایط بحرانی به ارمغان آورده است.

۲-۱-۵- تاثیر بر سبک کار و زندگی

سیاست قرنطینه، محدودیت اجتماعی، ممنوعیت سفر، بیکاری و کار از خانه اکثر مردم را مجبور به ماندن در خانه کرد. این سیاست کار از خانه سبک زندگی مردم را تغییر داد و ساعات کار آنها را در خانه افزایش داد. به طور مستقیم بر محیط اجتماعی خانه تأثیر گذاشته است. بازی های آنلاین، تماشای آنلاین فیلم، تماشای اخبار، ارتباطات آنلاین را افزایش داد و به یک فعالیت مستمر در خانه تبدیل شد. همچنین تقاضای اینترنت یا تقاضای فعالیت اداری یا سرگرمی مبتنی بر اینترنت را افزایش داد. بنابراین، زوم، نتفلیکس، آمازون از زمان شیوع این بیماری شاهد افزایش شدید تقاضا بوده اند. این تغییر ناگهانی در سبک زندگی به طور چشمگیری تقاضای برق مسکونی را افزایش داده و تقاضای برق را در مشاغل و صنعت کاهش داده است و در نهایت بر مشخصات تقاضای انرژی ملی تأثیر می گذارد.

اجرای قرنطینه ها همچنین فشار بیشتری را بر ارائه دهندگان خدمات ضروری وارد کرده است. به عنوان مثال، سوپرمارکت ها، و همچنین عرضه کنندگان و توزیع کنندگان مواد غذایی، با افزایش تقاضا مواجه شده اند که ناشی از نیاز افراد و خانوارها به ذخیره سازی مواد غذایی است. سایر اقلام مورد نیاز خانگی نیز

در طول دوره های قرنطینه تقاضای زیادی داشته اند. این بدان معناست که زنجیره های تامین بیش از حد معمول تحت فشار قرار گرفته اند و اغلب کمبود اقلام ضروری رخ داده است.

۲-۱-۶- تاثیر کرونا بر محیط زیست

این ویروس همه جنبه های زندگی از جمله اقتصاد، زندگی اجتماعی، سیاست، محیط زیست، بخش فناوری و همچنین بخش سلامت را تحت تاثیر قرار داده است. جهان در حال حاضر در حالی که با بیماری همه گیر مقابله می کند، دچار یک بحران اقتصادی است. تجارت بین المللی تا پایان همه گیری عملاً متوقف شده است. از نظر بهداشتی، علاوه بر تلفات گسترده در سراسر جهان، افزایش مشکلات سلامت روان نگران کننده است. بخش فناوری از طریق نوآوری و فناوری های جدید در حال ظهور برای تولید ماسک های صورت، هواکش ها و تجهیزات حفاظت فردی در پاسخ به تقاضا، به خوبی با وضعیت سازگار می شود. خدمات مجازی نیز در بحبوحه محدودیت های بازار برای خدمات ضروری رونق گرفته است.

ایزوله سازی و فاصله گذاری اجتماعی از نظر اجتماعی به مردم آسیب وارد کرده است و تعطیلی شهرها و تعطیلی امکانات تفریحی منجر به افزایش موارد دارای اختلال در سلامت روان شده است. در این میان، تنها جنبه ای که سود برد، محیط زیست است زیرا انتشار گازهای گلخانه ای به دلیل محدودیت های بازار در تحرک کاهش یافت.

قرنطینه شدید، فعالیت های صنعتی را به دلیل کمبود نیروی انسانی و کسب و کار های کوچک را نیز به دلیل ممنوعیت سفر متوقف کرده است. قابل تشخیص ترین تاثیر مثبت بر محیط زیست در نتیجه COVID-19، کاهش انتشار گازهای گلخانه ای از منابع حمل و نقل بوده است؛ مهمتر از همه، حمل و نقل هوایی و جاده ای که بخش قابل توجهی از آلودگی را تشکیل می دهند. با محدودیت در سفرهای بین المللی، ترافیک هوایی کمتری در دوره های اوج قرنطینه وجود داشت. این نه تنها انتشار گازهای گلخانه ای از هوانوردی را کاهش داد، بلکه آلودگی صوتی ناشی از آن را نیز کاهش داد و کیفیت زیست محیطی را بهبود بخشید.

با توجه به اینکه افراد کمتری به محل کار خود رفت و آمد می کنند، تقاضای کمتری برای حمل و نقل عمومی وجود داشته است و همچنین افراد کمتری از خودروهای شخصی برای رفت و آمد به محل کار

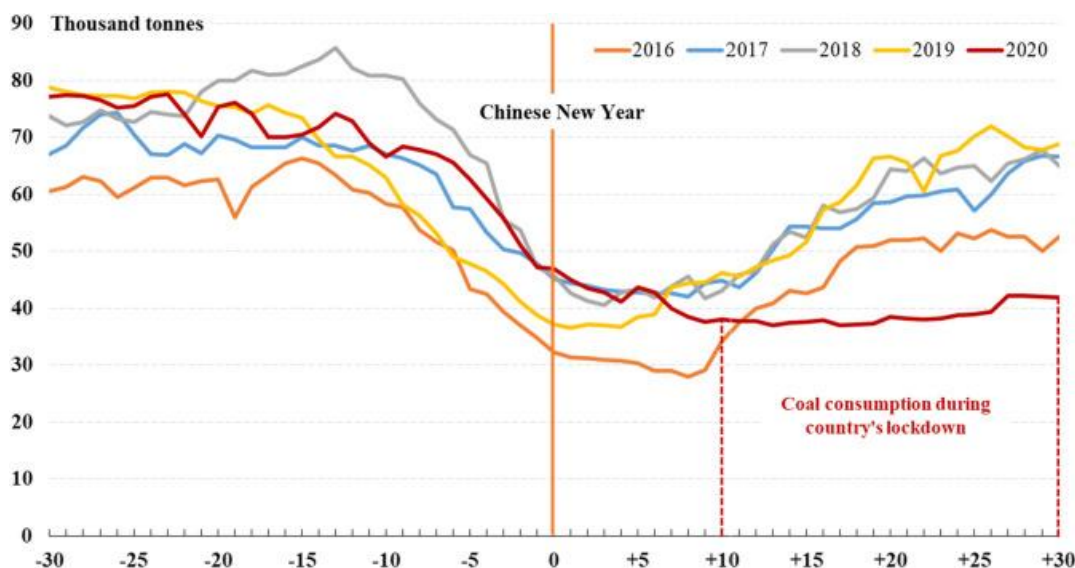
خود استفاده می کنند. همه اینها به طور غیرمستقیم به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای از بخش صنعت کمک کرده است که تأثیر مثبتی بر محیط زیست دارد. تصاویر ماهواره ای از آژانس فضایی اروپا کاهش سطح دی اکسید نیتروژن (NO_2) در پایین اتمسفر را در طول دوره قرنطینه نشان می دهد.

طی چهار ماه اول سال ۲۰۲۰، کاهش ۸ درصدی در انتشار آلاینده های جهانی تجربه شد که مربوط به تولیدکنندگان پیشرو CO_2 در جهان بود: چین، ایالات متحده، اتحادیه اروپا، هند و روسیه که انتشار خود را به میزان قابل توجهی کاهش دادند. با توجه به گزارش های خاص به تفکیک کشورها، در اتحادیه اروپا، انتشار CO_2 در آوریل ۲۰۲۰ تا ۲۰ درصد نسبت به سال ۲۰۱۹ کاهش یافت. در پاکستان، کاهش ۴۰ درصدی انتشار NO_2 از نیروگاه های زغال سنگ و به دنبال آن ۳۰ درصد در مناطق اصلی شهری در مقایسه با مدت مشابه در سال ۲۰۱۹، و کاهش ۲۵ درصدی در ضخامت عمق نوری آئروسول (AOD) در صنعت و بخش های انرژی مشاهده شد. در انتاریو، کاهش انتشار گازهای گلخانه ای برای آوریل ۲۰۲۰ تقریباً ۴۰۰۰۰ تن CO_2 بود. اختلاف در غلظت های NO_2 و SO_2 نشان دهنده محدودیت در حمل و نقل، یکی از منابع اصلی انتشار NO_2 است که منجر به کاهش غلظت NO_2 می شود. در مقابل، افزایش SO_2 در طول دوره قرنطینه مربوط به انتشار گازهای گلخانه ای از نیروگاه ها بود.

اگرچه این داده ها امیدوارکننده هستند، اما نشانه ها حاکی از آن است که کاهش انتشار گازهای گلخانه ای به دلیل COVID-19 گذرا است و حتی احتمال بازگشت انتشار کربن نیز وجود دارد. یک گزارش بیان می کند که مطالعات موجود در مورد تجزیه مجدد انتشار کربن پس از بحران مالی ۲۰۰۸ نشان داد که به دلیل تأثیر بحران مالی جهانی، انتشار کربن جهانی ۱،۱۹ در سالهای ۲۰۰۷-۲۰۰۹ کاهش یافت. با این حال، انتشار جهانی کربن به شدت در تمام صنایع در سال های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰ افزایش یافت و به نرخ افزایش بسیار بالاتری معادل ۶،۴ درصد رسید. بنابراین، اگرچه بحران مالی ناشی از COVID-19 و علل و پیامدهای آن نسبت به بحران مالی ۲۰۰۸، متفاوت است، ضروری است که از گذشته درس گرفته و از اثر بازگشت احتمالی آلاینده ها اجتناب شود یا با اتخاذ تصمیماتی این روند بازگشتی کند شود.

۲-۱-۶-۱- تاثیر بر کاهش گازهای گلخانه‌ای در چین

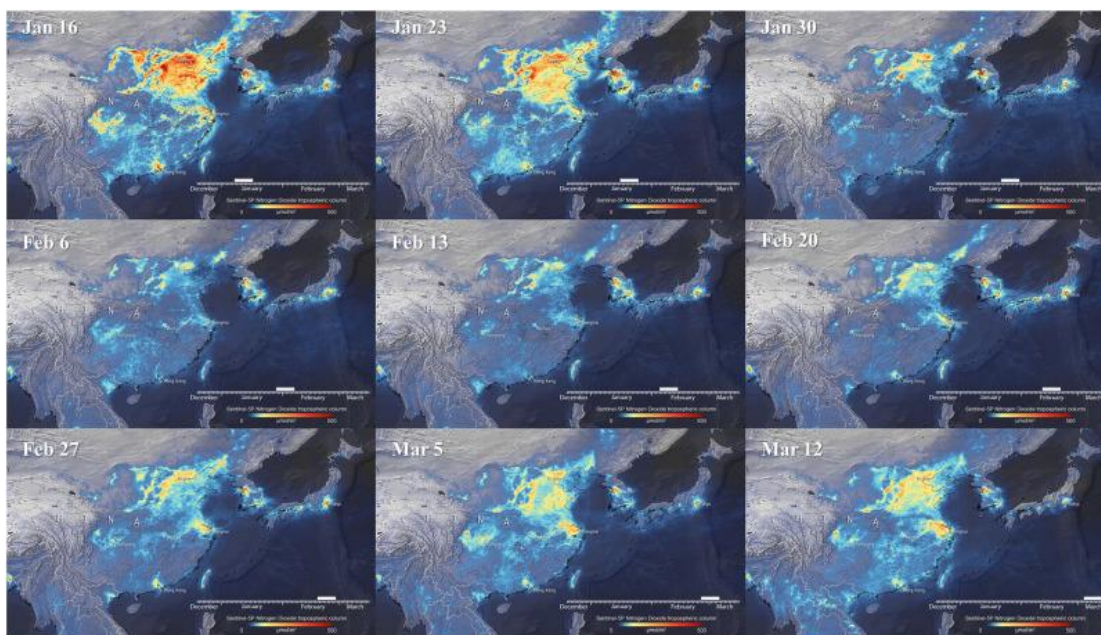
با توجه به کاهش قابل توجه حمل و نقل شهری و فعالیت های صنعتی، مصرف انرژی چین به طور قابل توجهی در طول دوره قرنطینه کاهش یافت. چین مصرف کننده بزرگ زغال سنگ است و منابع زغال سنگ بر ساختار مصرف انرژی غالب است.



شکل ۱ مصرف زغال سنگ چین در طول اپیدمی

روی هم رفته، استفاده از زغال سنگ و نفت خام در طول قرنطینه در چین کاهش یافت. از داده های مشاهده شده در شکل ۱، مصرف زغال سنگ چین در طول اپیدمی کاهش یافته است. در مقایسه با مدت مشابه پس از تعطیلات جشنواره بهار در سال ۲۰۱۹ (در همان دو هفته)، انتشار CO_2 ۲۵ یا بیشتر کاهش یافت. داده های فوق به این معنی است که چین حدود ۱ میلیون تن انتشار کربن را کاهش داده است که معادل ۶ درصد از انتشار جهانی در مدت مشابه است. این کاهش همزمان با قرنطینه در طول همه گیری بود. می توان نتیجه گرفت که COVID-19 در کوتاه مدت تأثیر منفی قابل توجهی بر مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای چین داشته است. هم چنین ماهواره های ناسا تشخیص دادند که NO_2 در هوا در سراسر چین به میزان قابل توجهی کاهش یافته است که تا حدی به COVID-19 مربوط می شود.

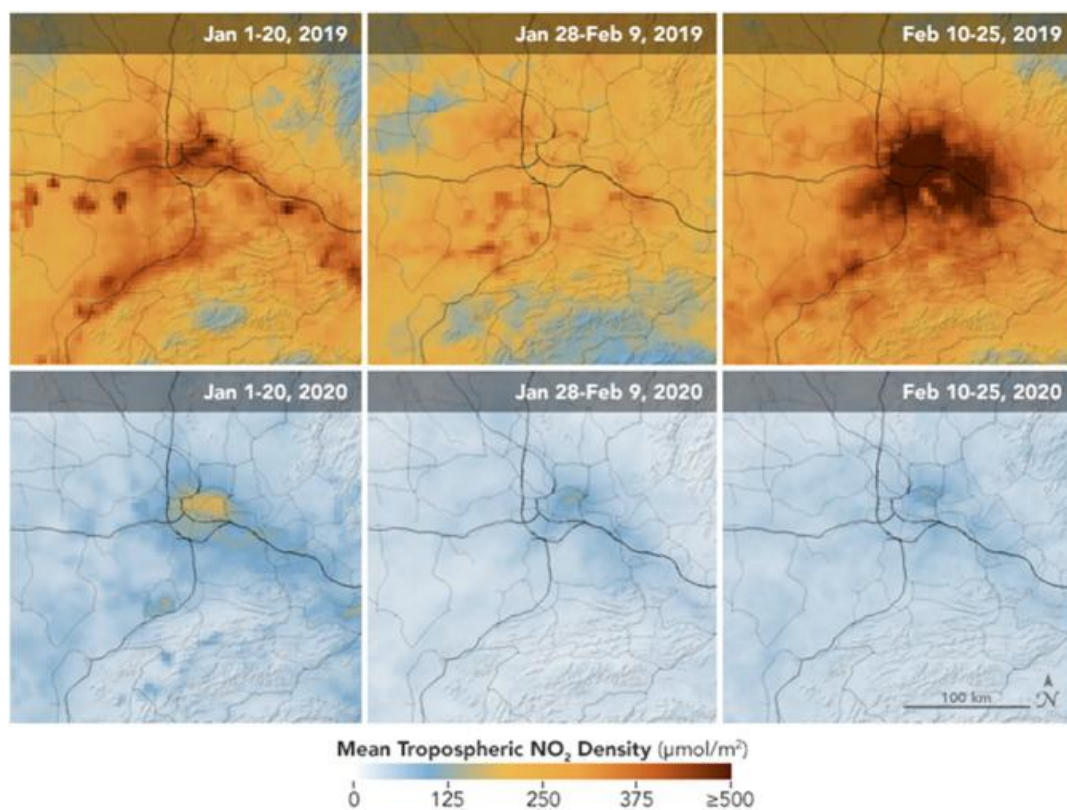
مانیتور تروپوسفر در ماهواره Sentinel-5 ESA داده های NO_2 در تروپوسفر در سراسر چین را از ۱۹ دسامبر ۲۰۱۹ تا ۱۵ مارس ۲۰۲۰ جمع آوری کرد. در شکل ۲، هر چه رنگ روی نقشه تیره تر باشد، محتوای آلاینده بیشتر است. با در نظر گرفتن ۲۳ ژانویه به عنوان مبنای تقسیم زمانی، زیرا ووهان در این روز قرنطینه را اجرا کرد، این مطالعه تغییرات میزان دی اکسید نیتروژن در جو را قبل و بعد از قرنطینه شهر (در یک چرخه هفتگی) نشان می دهد. به طور کلی، NO_2 در چین در ماه فوریه به طور قابل توجهی کمتر از دوره قبل بود.



شکل ۱ تغییرات در میزان انتشار NO_2 در چین

هفته قبل از اعلام قرنطینه ووهان در ۱۶ ژانویه، غلظت NO_2 در شمال چین و شمال شرق چین در سطح نسبتاً بالایی بود. این مناطق از نواحی صنعتی سنگین کشور هستند و فعالیت های تولید صنعتی فشرده مقادیر زیادی گازهای گلخانه ای و آلاینده های هوا را منتشر می کنند. در ۳۰ ژانویه، طی یک هفته پس از قرنطینه در ووهان، انتشار NO_2 در سراسر کشور به میزان قابل توجهی کاهش یافت. این امر به دلیل اتخاذ تدابیر قرنطینه توسط تعدادی از شهرهای دیگر و تعطیلی مشاغل و کارخانه های بیشتر برای جلوگیری از تجمع و جلوگیری از گسترش COVID-19 بود. فعالیت های تولید صنعتی، منبع اصلی NO_2 ، کاهش یافت و سپس کیفیت هوا بر این اساس بهبود یافت.

به منظور جلوگیری و کنترل شیوع کووید-۱۹ در سراسر کشور، دولت‌های محلی اقداماتی مانند محدودیت‌های فضای باز، مدیریت بسته و محدودیت‌های سفر را اتخاذ کردند. شکل ۳ میانگین غلظت NO_2 در جو را نشان می‌دهد که توسط مانیتور ازن (OMI) در ماهواره Aura ناسا اندازه‌گیری شده است. نقشه در شکل ۳ مقادیر NO_2 ووهان را در سه دوره در سال ۲۰۲۰ نشان می‌دهد: ۱ تا ۲۰ ژانویه (قبل از سال نو چینی)، ۲۸ ژانویه تا ۹ فوریه (پس از سال نو) و ۱۰ تا ۲۵ فوریه (در طول سال نو). جشن، و مقایسه با دوره مشابه در سال ۲۰۱۹ برای مرجع. در مقایسه با مدت مشابه سال گذشته، انتشار NO_2 به طور قابل توجهی کاهش یافته است. در عین حال، کاهش انتشار NO_2 از پایان جشنواره بهار بهبود نیافته است. ناسا گفت که کاهش آلودگی NO_2 ابتدا در نزدیکی ووهان ظاهر شد و در نهایت در سراسر کشور گسترش یافت.



شکل ۲ تغییرات در میزان انتشار NO_2 در ووهان چین

در بیشتر موارد، چین در طول سال نو قمری هر زمستان به مدت یک هفته تعطیل می‌شود و بخش بزرگی از صنایع فعالیت خود را متوقف می‌کنند. این تعطیلات معمولاً باعث کاهش مختصری در مصرف

انرژی می شود. در روزهای پس از جشنواره بهار، مصرف انرژی با از سرگیری تولید دوباره افزایش می یابد.

با این حال، فراتر از حمل و نقل، منابع دیگری که معمولاً به آلودگی کمک می کردند نیز محدود شدند. از آنجایی که بسیاری از کسب و کارها مجبور به تعطیلی شدند، دفاتر و تأسیسات می توانستند به جای اینکه در کل ساعات کاری کار کنند، انرژی کمتری مصرف کنند. در کشورهای در حال توسعه مانند نیجریه، که تامین برق همچنان یک چالش است، بسیاری از مشاغل مجبور به استفاده از منابع جایگزین از جمله ژنراتورها هستند که از گازوئیل، بنزین و سایر محصولات مرتبط استفاده می کنند. با تعطیلی کسب و کارها، این منابع انرژی جایگزین کمتر مورد استفاده قرار می گرفتند و در نهایت به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های اوج قرنطینه همه‌گیری کمک می کردند. سایر تأسیسات، مانند انبارها، و حتی کارخانه‌هایی که مسئولیت تولید کالاها را بر عهده دارند، در دوره قرنطینه کمتر تولید می کردند. نه تنها به دلیل بسته شدن مشاغل، بلکه به دلیل کاهش تقاضا برای محصولات خاص. در نتیجه، این منابع اضافی آلودگی نیز کاهش یافت که منجر به تأثیر خالص مثبت بر کیفیت محیط زیست شد.

گذشته از آلودگی هوا، زباله های صنعتی بر منابع آب و همچنین زمین نیز تأثیر می گذارد. این نیز در نتیجه بیماری همه گیر کاهش یافته است، به ویژه در مناطقی که مقررات و کنترل کمتری بر تخلیه بی رویه مواد زائد وجود دارد.

با این حال، طرف دیگر این است که تعدادی از اثرات منفی بر محیط زیست وجود داشته است. به ویژه، از نظر زباله های تولید شده توسط مراکز بهداشتی. این شامل زباله های زیست پزشکی است که از تلاش ها برای ضدعفونی نگه داشتن بیمارستان ها سرچشمه می گیرد.

در ۱۸ آوریل، اداره ملی آمار چین نتایج اولیه حسابداری خود را از تولید ناخالص داخلی در سه ماهه اول ۲۰۲۰ منتشر کرد. تولید ناخالص داخلی چین تحت تأثیر بیماری کرونا در سه ماهه اول ۲۰۲۰، ۲۰٫۶۵ تریلیون یوان بود که نشان دهنده رشد اقتصادی منفی، کاهش است. ۵٫۳ درصد نسبت به مدت مشابه سال گذشته (اداره ملی آمار چین، ۲۰۲۰b). شیوع کووید-۱۹ تأثیر منفی خاصی بر اقتصاد این سال داشت.

در طول دوره قرنطینه، مصرف خانوارها سرکوب شد، و باعث شد که سه تقاضای اصلی (هزینه مصرف نهایی، کل تشکیل سرمایه، و صادرات خالص کالاها و خدمات) به درجات مختلف کاهش یافته و باعث رشد اقتصادی منفی شود (ژائو، ۲۰۲۰b).

۲-۱-۷- تأثیرات بر سیستم های قدرت - یک سناریوی جهانی

انرژی برای بقا و توسعه انسان بسیار مهم است. این نیروی ضروری است که همه فعالیت های اقتصادی را هدایت می کند. توسعه مستمر اقتصاد جهانی باعث رشد مصرف انرژی شده است. از زمان ظهور ویروس کووید در ووهان در دسامبر ۲۰۱۹، جوامع در سراسر جهان به دلیل محدودیت ها و قرنطینه های اعمال شده مجبور به تغییر الگوهای زندگی عادی خود شده اند. این تغییرات در الگوهای زندگی بازتاب مستقیمی بر مصرف انرژی داشته است. بنابراین، بخش انرژی تحت تأثیر بحران ناشی از همه گیری COVID-19 قرار گرفته است.

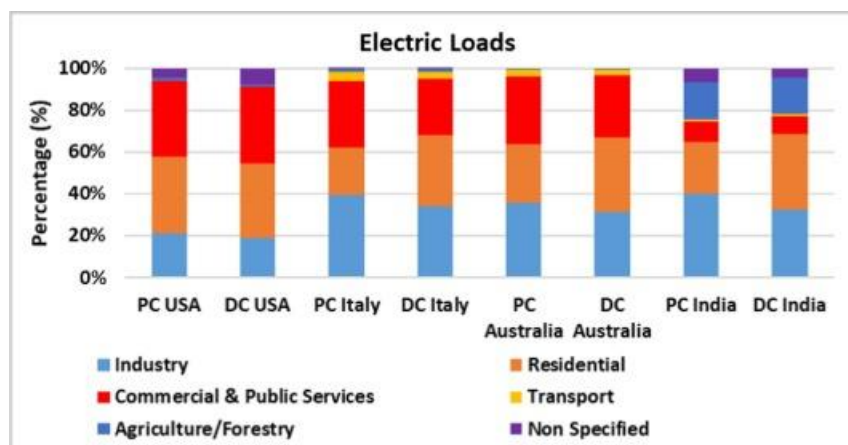
برای به تعویق انداختن شیوع بیماری همه گیر، یک سیاست بسته شدن شهر اجرا شد که ساختار تقاضای انرژی را در طول دوره اپیدمی تغییر داد. از آنجایی که اکثر کارخانه ها و شرکت ها تعطیل می شوند، کاهش تقاضای صنعتی و تجاری منجر به روند نزولی قابل توجهی در تقاضای کلی انرژی در تمام نقاط جهان شده است. با توجه به اجرای سیاست هایی مانند محدودیت در بیرون رفتن از خانه، بسیاری از مناطق شروع به اجرای اقداماتی مانند کار از خانه و مطالعه از راه دور کردند و در نتیجه مصرف انرژی مسکونی را به میزان قابل توجهی افزایش دادند.

به همین ترتیب، تغییر در ویژگی های ساختار مصرف انرژی، منحنی های بار را تغییر شکل داد. تحت تأثیر سیاست های همه گیر و محدودیت سفر، سبک زندگی و شیوه های اجتماعی مردم تا حد زیادی تغییر کرد. به عنوان مثال، نسبت دورکاری و به اشتراک گذاری اطلاعات در زندگی انسان به طور مداوم افزایش می یابد. کار از خانه باعث می شود توزیع زمان مصرف انرژی توسط مردم انعطاف پذیرتر شود، که باعث تغییر زمانی در منحنی قله-دره می شود. همانطور که دوره اوج مصرف انرژی به طور کلی به عقب برمی گردد، اختلاف پیک-دره بار بین روزهای کاری و روزهای استراحت نیز کاهش می یابد.

دولت‌ها برای صنایع برق باید اقدامات پیشگیرانه‌ای را انجام دهند تا بتوانند با مسائل و چالش‌های مشاهده شده برای دستیابی به عملکرد روان دست و پنجه نرم کنند و همچنین بخش انرژی را برای آینده تغییر دهند که بتواند بر سناریوهای همه‌گیری غیرقابل پیش‌بینی آینده غلبه کند.

به طور کلی، بار سیستم‌های قدرت را می‌توان به انواع مسکونی، تجاری و صنعتی طبقه‌بندی کرد. این نوع بارها دارای یک الگوی بار معمولی هستند و اپراتورهای تاسیسات بر این اساس تولید را مدیریت می‌کنند.

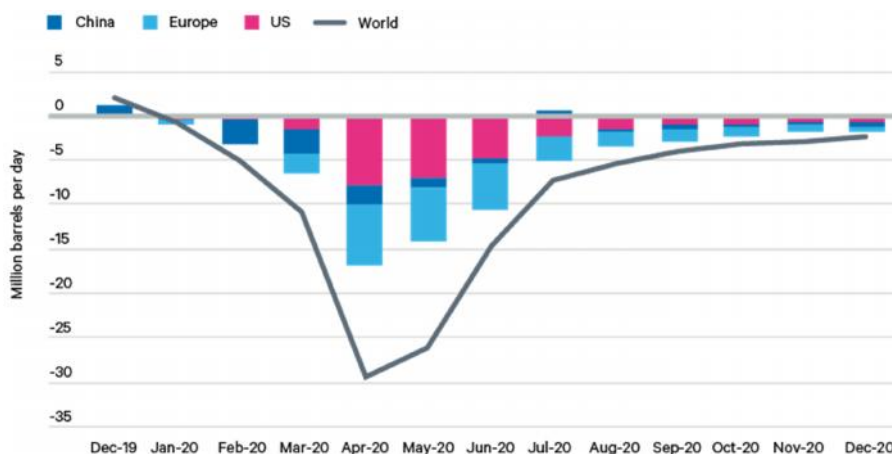
با این حال، با توجه به افزایش نفوذ وسایل نقلیه الکتریکی (EVs) در کشورهای مختلف، بار حمل و نقل نیز به یک بار قابل توجه برای شبکه برق تبدیل شده است. شکل ۴ توزیع انواع مختلف بارها را در ایالات متحده آمریکا، اسپانیا و ایتالیا نشان می‌دهد. سناریوی مشابهی نیز در اکثر کشورهای توسعه یافته پیش بینی می‌شود. در طول شیوع COVID-19، تقاضای بار معمولی تغییر کرده است و بنابراین، ترکیب بار جدید در کشورهای مختلف مشاهده شده است.



شکل ۴ تقاضای برق در بخشهای مختلف قبل از کرونا (PC) و در دوران کرونا (DC)

همه‌گیری COVID-19 اثرات کوتاه مدت قابل توجهی بر بخش انرژی داشته است. برخی از این تأثیرات می‌توانند اساساً این بخش را تغییر دهند و سیاست‌های جدید آب و هوایی را باعث شوند.

اعمال قرنطینه در سراسر جهان با تأثیر بر حمل و نقل، به ویژه حمل و نقل هوایی، تقاضای نفت را حداقل تا یک چهارم در سه ماهه دوم سال ۲۰۲۰ کاهش داد. همراه با جنگ قیمتی بین روسیه و عربستان سعودی، این امر قیمت نفت را به پایین ترین سطح خود در بیش از دو دهه اخیر رساند - همزمان با شروع سال قیمت نفت با ۶۵ دلار در هر بشکه، در آوریل ۲۰۲۰ به زیر ۲۰ دلار در هر بشکه رسید. در پایان سال ۲۰۲۰، سالانه تقاضای نفت به میزان ۸,۸ درصد کاهش یافته بود. این کاهش ها به میزان زیادی از میزان کاهش در طول بحران مالی جهانی ۲۰۰۸-۲۰۰۹، زمانی که تقاضای نفت کمتر از ۲ درصد کاهش یافت، پیشی گرفت. چین اولین و در عین حال کوتاه ترین قرنطینه COVID-19 را تجربه کرد. در نتیجه، تقاضای نفت آن نسبتاً سریع بهبود یافت و تا ژوئن به ۹۰ درصد سطح قبل از همه گیری خود رسید.



شکل ۳ تاثیر کرونا بر رشد تقاضای جهانی نفت به تفکیک منطقه

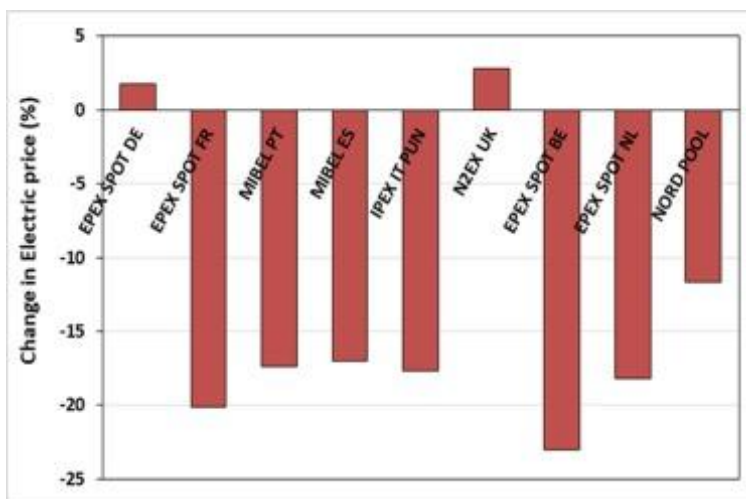
۲-۱-۸- عدم قطعیت در سیستم های قدرت

عدم قطعیت به عنوان وضعیتی تعریف می شود که مشخص نیست آیا رویدادی در آینده رخ می دهد یا چه زمانی ممکن است رخ دهد یا چه پیامدهایی خواهد داشت و این پیامدها چقدر شدید خواهند بود. عدم قطعیت در مورد یک رویداد و جدی بودن پیامدهای مرتبط با آن زمانی قابل اندازه گیری است که نتایج و احتمالات مربوط به رویداد برای تصمیم گیرندگان شناخته شده باشد. در سطح وسیع تر اقتصاد کلان، عدم قطعیت اثرات نامطلوب اقتصادی متعددی دارد. در سطح شرکت ها، به دلیل ناکافی بودن دانش سرمایه گذاران (به ویژه در سود سهام و نرخ رشد آنها) و نرخ های تنزیل، بر قیمت سهام (بازده)

تأثیر منفی می گذارد. با رسیدن اطلاعات جدید، بازار در مورد سودآوری مورد انتظار نامطمئن است. نتیجه فرآیندی از کشف قیمت است که منجر به تجدید نظرهای صعودی و نزولی می شود که منجر به نوسانات می شود، زیرا فعالان بازار در مورد ارزش واقعی دارایی ها پس از ورود اطلاعات جدید مطمئن نیستند. نتایج گزارش شده نشان می دهد که عدم قطعیت بر قیمت سهام انرژی تأثیر منفی دارد و باعث افزایش نوسانات می شود. با توجه به عدم قطعیت در مورد سودآوری آینده شرکت ها، قابل پیش بینی است که سود اغلب سهام ها منفی شده و نوسانات افزایش یابد.

۲-۱-۹- تاثیر بر هزینه انرژی

به دلیل کاهش تقاضای برق، قیمت انرژی در بیشتر بازارهای اروپایی کاهش یافت. همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است، قیمت انرژی در هفته سوم مارس ۲۰۲۰ نسبت به هفته دوم مارس ۲۰۲۰ کاهش یافت. قیمت بازار بورس برق اروپا (EPEX SPOT) در بلژیک (BE)، فرانسه (FR) و هلند (NL) به ترتیب ۲۳، ۲۰،۱ و ۱۸،۲ کاهش یافت [۳۸]. به طور مشابه، بورس برق ایتالیا (IPEX IT PUN)، بازار MIBL در اسپانیا (ES) و پرتغال (PT) به ترتیب ۱۷،۷ و ۱۷،۴ کاهش یافت [۳۹]. با این حال، در آلمان (DE) و بریتانیا، تغییر تقاضای کلی انرژی همچنان مثبت است زیرا قرنطینه در این دو کشور به ترتیب از ۲۰ و ۲۴ مارس ۲۰۲۰ آغاز شده است. شایان ذکر است که افزایش قیمت در بازار آلمان در هفته مذکور با چندین ساعت قیمت گذاری منفی ۰،۹۵ یورو در هر مگاوات ساعت کمتر از ۱،۸ درصد بوده است. در بازار انگلیس، افزایش قیمت برای هفته سوم اسفند ماه مذکور کمتر از ۲،۸ درصد بوده است. با ادامه قرنطینه، تقاضای برق و قیمت برق در صرافی های مختلف اروپایی کاهش یافت.



شکل ۴ تاثیر کرونا بر قیمت برق (تغییر از هفته دوم تا هفته سوم مارس ۲۰۲۰ در اروپا)

۲-۱-۹-۱- تاثیرات غیر مستقیم

به دلیل COVID-19، تقاضای انرژی در مناطق صنعتی و تجاری کاهش یافته است. با این حال، در مناطق مسکونی افزایش یافته است. به طور کلی، تقریباً هر منطقه ای که توسط این رویداد آسیب دیده است، کاهش تقاضای کلی برق را حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد تجربه کرده است. تولید برق متمرکز مبتنی بر سوخت فسیلی به دلیل تقاضای کمتر کاهش یافته است. با این حال، با توجه به سیاست‌های ملی، سطح نفوذ انرژی‌های تجدیدپذیر به شبکه افزایش یافت و این امر هم مسائل مثبت و هم منفی را به همراه داشت.

یک گزارش انجمن بین المللی انرژی (IEA) و یک گزارش IEEE Power and Energy Society در مورد مسائل اخیر بحران بهداشتی و اقتصادی در سراسر جهان به دلیل این رویداد همه گیر بحث کرده است. این گزارش‌ها همچنین موضوعات کاهش تقاضا و تأثیرات قرنطینه بر تقاضای فعلی، اختلالات زنجیره تأمین، تأثیر بر مصرف انرژی و پیک تقاضا و تأثیرات میان‌مدت تا بلندمدت را بررسی کردند. مدیریت مرکز کنترل و عملیات میدانی، رسیدگی به عملیات مشتری، سبک‌تر کردن مسائل فنی، اثرات منطقه ای و سرمایه گذاری آتی در بخش برق نیز در این گزارش‌ها مورد بحث قرار گرفت. دکتر فاتح بیروول، مدیر اجرایی آژانس بین المللی انرژی، در مقاله خود اشاره کرد که "بحران ویروس کرونا به ما

یادآوری می کند که برق بیش از هر زمان دیگری ضروری است". وی همچنین در مورد انعطاف پذیری این بخش، بر ساختن آینده ای امن و پایدار تاکید کرد.

آژانس بین المللی انرژی های تجدیدپذیر (IRENA) و شورای تنظیم کننده های انرژی اروپا (CEER) موضوعاتی از جمله اهمیت تنوع سوخت، یکپارچگی و پایداری تولید انرژی، تأثیر مثبت بر اهداف آب و هوایی، تبدیل سیستم انرژی به «انرژی پاک» سیستم، رقابتی شدن انرژی خورشیدی و بادی، فرصت های سرمایه گذاری انرژی تجدیدپذیر و تغییر منابع به سمت هیدروژن پاک را مورد بحث و بررسی قرار دادند.

گزارشی از آژانس توسعه بین المللی ایالات متحده (USAID) و آزمایشگاه ملی انرژی های تجدیدپذیر (NREL) بر تأثیر بر بخش قدرت در منطقه جنوب شرقی آسیا متمرکز شده است. در مورد تأثیرات و فرصت ها بر تقاضای برق، بهره وری انرژی، نوسازی خدمات، اصلاح بخش قدرت، اصلاح یارانه ها و غیره در این منطقه بحث شد. علاوه بر این، گزارش به تفصیل در مورد قراردادهای سرمایه گذاری ها، کیفیت هوا و انتشار گازهای گلخانه ای، نیروی کار بخش انرژی، انتقال انرژی پاک (تولید انرژی تجدیدپذیر، توسعه پروژه، اختلال در زنجیره تامین، قیمت سوخت فسیلی، برنامه ریزی تجاری و انرژی پاک برای بهبود اقتصادی) بحث کردند. این گزارش همچنین بر موضوعات تاب آوری بلندمدت بخش انرژی از طریق برنامه ریزی مناسب بخش قدرت، خدمات حیاتی و امور مالی تاکید کرد.

"مجله pv" در مورد تأثیرات کووید و سیاست های پس از کووید و کارهای انجام شده بحث کرده است. آن ها ساخت تأسیسات و زیرساخت های انرژی جدید را که به تأخیر افتاد یا متوقف شد، پیش فرض پرداخت ها به دلیل COVID-19 بررسی کردند و بیشتر درباره واکنش های سیاست گذاران، رگولاتورها و فعالان بازار بحث کردند. IRENA همچنین در مورد بخش انرژی پس از کووید توصیه هایی کرد. موضوعاتی که به طور گسترده مورد بحث قرار گرفت عبارت بودند از: برآوردن اهداف میان مدت و بلندمدت توسعه و اقلیم، بسته های محرک و بازایی، انتقال انرژی، راه حل های غیرمتمرکز، اقدامات بازایی، تحقیق و نوآوری، نقش سیاست گذاران و همکاری های بین المللی در زمینه انرژی. گزارش آمار آژانس بین المللی انرژی، مورخ مه ۲۰۲۰، همچنین تأثیر و قدرت بخش انرژی های تجدیدپذیر برای دوران پس از کووید را مورد بحث قرار داده است.

در گزارشی که توسط اتحادیه صنعت برق - Eurelectric aisbl منتشر شد، دیجیتالی کردن بخش برق و انرژی یکی از توصیه‌های قوی برای مبارزه با آسیب‌پذیری‌های بخشی است که در معرض دید قرار گرفته است. گزارشی در "micro grid knowledge" بیان کرد که توسعه یک سیستم برق مبتنی بر کنترل هوشمند ریزشبکه‌ها، یکپارچگی و ادغام انرژی‌های پاک و توانایی پشتیبانی از شبکه در طول هر بحران را تسهیل می‌کند.

بخش حمل و نقل را می‌توان با استفاده از هیدروژن به عنوان سوخت جایگزین بسیار کربن زدایی کرد. در پی بحران کووید-۱۹، اتحادیه اروپا و آلمان علاقه خود را برای سرمایه‌گذاری در این بخش نشان داده‌اند.

ساخت تأسیسات انرژی جدید یا به تعویق افتاده یا متوقف شده است و بخش انرژی‌های تجدیدپذیر (RE) بدترین آسیب را دیده است. چین، تولیدکننده و تامین‌کننده پیشرو جهانی فناوری‌های انرژی پاک، به شدت تحت تاثیر این همه‌گیری قرار گرفته است، از این رو، تحویل فناوری‌های RE مانند پانل‌های خورشیدی، توربین‌های بادی و باتری‌ها را مختل کرده است. تخمین زده می‌شود ۳۰۰۰ مگاوات پروژه انرژی خورشیدی و بادی در هند به دلیل قرنطینه ویروس کرونا با تاخیر مواجه است. همچنین، شرکت چینی BYD که یکی از تولیدکنندگان پیشرو باتری‌های قابل شارژ در جهان است، به دلیل همه‌گیر شدن کووید-۱۹ قادر به انجام آزمایشات مدل‌های جدید باتری نبود [۴]. بنابراین، همه‌گیری، دستیابی به دسترسی جهانی به انرژی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه را تهدید می‌کند.

به طور خلاصه، تأثیرات ناشی از همه‌گیری، چالش‌های مختلفی را ایجاد کرده و در نتیجه درها را برای فرصت‌ها و پیشرفت‌های جدید در بخش برق و انرژی باز کرده است. همه سازمان‌های بین‌المللی و آژانس‌های دولتی اذعان کردند که شرکت‌های برق برای غلبه بر سناریوهای عادی جدید به چالش کشیده شده‌اند. اگرچه هیچ مشکل شدیدی توسط شرکت‌های برق در طول دوره همه‌گیری گزارش نشده است، اما آنها برای مبارزه با هرگونه تهدید پیش‌بینی نشده خود را آماده می‌کنند. شرکت‌های آب و برق نیز اکنون روی بهبود انعطاف‌پذیری سیستم سرمایه‌گذاری می‌کنند تا با مشکلات فنی به دلیل کاهش بار و تغییر تقاضای پیک روزانه مقابله کنند. یک ضرورت برای دیجیتالی کردن سیستم موضوع دیگری است که بسیاری از شرکت‌ها به آن پرداخته‌اند. جبران خسارات اقتصادی متحمل شده توسط واحدهای این

بخش دشوار خواهد بود. در طول دوره قرنطینه، نفوذ بالای انرژی های تجدیدپذیر به شبکه توزیع نیز باعث ایجاد چندین چالش فنی و اقتصادی شده است.

بنابراین از تحلیل های فوق می توان به طور خلاصه بیان کرد که سناریوهای زیر به دلیل شیوع COVID-19 رخ داده است:

- تقاضای بار تجاری حداکثر کاهش یافت.

- تقاضای بار مسکونی افزایش یافت.

- تقاضای بار صنعتی نیز کاهش یافت اما در بسیاری از کشورها چندان قابل توجه نبود.

- قیمت تقاضای انرژی در بیشتر کشورها کاهش یافته است.

فعالیت پس از کووید، تقاضای بار را به ویژه از راه اندازی مجدد بارهای مربوط به صنعت و راه آهن افزایش می دهد. بنابراین بازگرداندن سیستم به سطوح عملیاتی عادی ممکن است یک کار حیاتی باشد. با این حال، انتظار می رود که به دلیل تأثیرات پیش از قرنطینه به دلیل کووید، برای شرکت برق رسیدگی به این مشکل و بازگرداندن فیدرها به شرایط کاری عادی چند روز طول بکشد. تاخیر طولانی مدت و افزایش اتلاف انرژی می تواند به دلیل کمبود نیروی کار در پست ها، عدم هماهنگی لازم تیم های داخلی شرکت برق، کمبود قطعات یدکی موجود در بازار، نبود امکانات حمل و نقل و کافی نبودن زمان باشد.

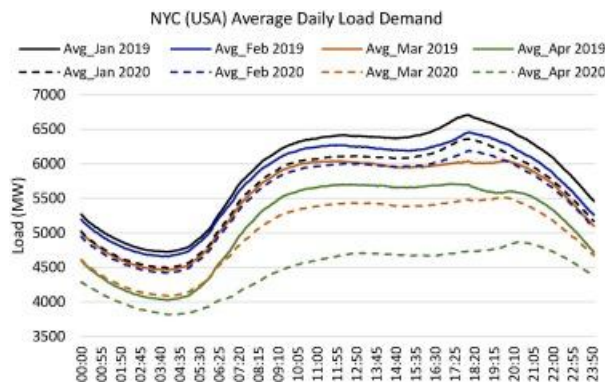
با توجه به کووید-۱۹، یکی از بخش هایی که 24×7 ساعت کار می کند و بر اساس زمان واقعی تحت تأثیر قرار می گیرد، سیستم برق است. به دلیل رکود در عملکرد مشاغل، صنایع و حمل و نقل در واکنش به COVID-19، الگوی تقاضای انرژی هند به شدت کاهش یافت. به ویژه، تقاضای بار صنعتی و تجاری به شدت کاهش یافته است در حالی که بار خانگی و بار الکتریکی در بیمارستان ها / خدمات اورژانس به طور قابل توجهی افزایش یافته است. تغییر الگوی بار نه تنها باعث بار مالی بر بخش برق شده است، بلکه مسائل و چالش های بسیاری را با توجه به دیدگاه های اجتماعی-اقتصادی و فنی تحمیل کرده است.

۲-۲- آثر کرونا بر مصرف انرژی کشورها

در این بخش به بررسی اثر کرونا بر مصرف انرژی برخی از کشورها میپردازیم.

۲-۲-۱- نیویورک، ایالات متحده آمریکا

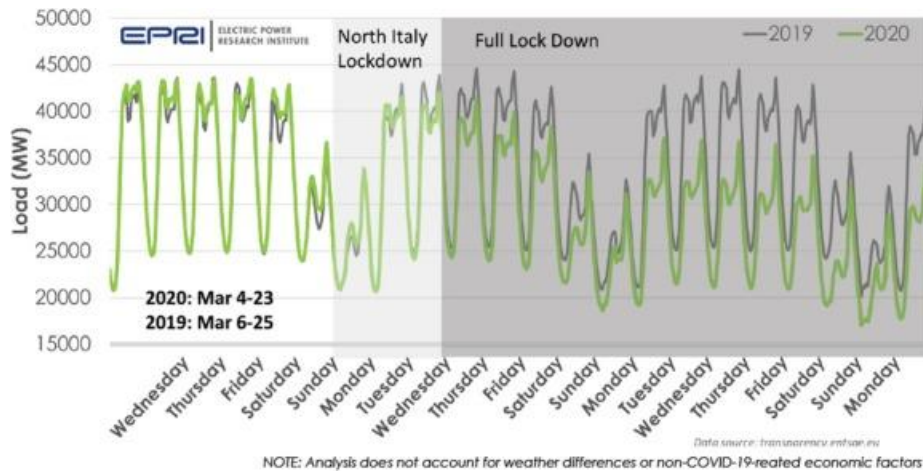
شهر نیویورک (NYC) آسیب دیده ترین شهر در ایالات متحده و همچنین در جهان به دلیل COVID-19 است. میانگین روزانه تقاضای بار از ژانویه تا آوریل در سال ۲۰۲۰ و ۲۰۱۹ به وضوح کاهش قابل توجهی در تقاضا را نشان می دهد، به ویژه در ماه مارس و آوریل ۲۰۲۰ در مقایسه با تقاضای ۲۰۱۹، همانطور که در شکل ۷ مشاهده می شود. مشخص شد که تقاضای روزانه انرژی الکتریکی یا کل مصرف روزانه با ۲٫۹ درصد کاهش در ماه فوریه به ۱۳٫۷ درصد در آوریل نسبت به مدت مشابه در سال ۲۰۱۹ رسید.



شکل ۵ تقاضای برق در آمریکا در دوران قبل از کرونا (PC) و حین کرونا (DC)

۲-۲-۲- ایتالیا

هنگامی که قرنطینه کامل در ایتالیا اعمال شد، تقاضای برق شبکه نیز کاهش یافت، مشاهده شد که تقاضای اوج بار همزمان با اعمال قرنطینه جزئی و تلاش مردم برای تطبیق با تغییرات حدود ۳ تا ۴ درصد کاهش یافت، با این حال پیک تقاضا و همچنین کل تقاضای انرژی روزانه، ۶ تا ۱۰ درصد در آخر هفته و ۱۸ تا ۲۲ درصد در روزهای هفته، زمانی که قرنطینه کامل اعمال شد، کاهش یافت، همانطور که در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۶ تقاضای برق در ایتالیا در دوران قرنطینه در سال ۲۰۲۰ در مقایسه با سال ۲۰۱۹

۲-۲-۳- مانزانیلا (از شهرهای اسپانیا)

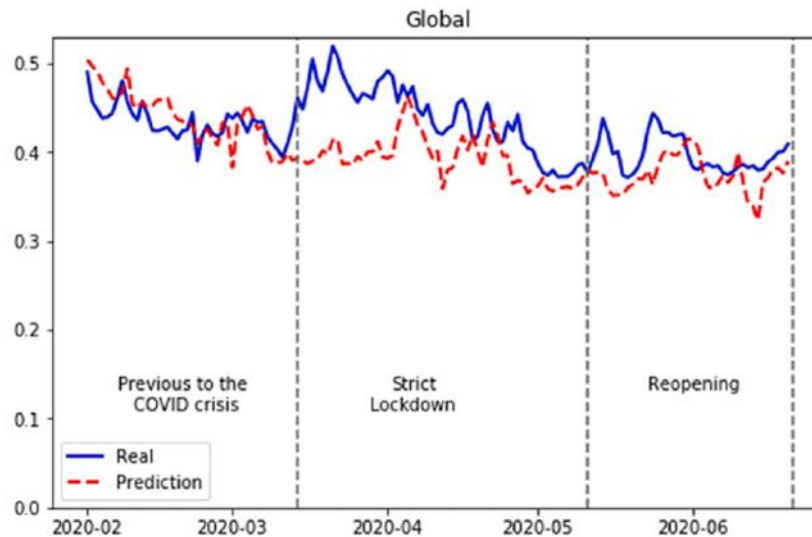
نتایج تحقیقات روی یکی از شهرهای اسپانیا (مانزانیلا) نشان داد که مشتریان واحدهای مسکونی مصرف خود را در طول قرنطینه کامل حدود ۱۵ درصد و در دوره اتمام قرنطینه ۷,۵ درصد افزایش داده اند. در مقابل، در سطح جهانی، مشتریان غیرمسکونی مصرف خود را ۳۸ درصد در طول قرنطینه کامل و ۱۴,۵ درصد در طول دوره بازگشایی کاهش داده اند. با این حال، با مراجعه به مشتریان غیرمسکونی، پنج پروفایل مصرف مختلف با رفتارهای کوتاه مدت و میان مدت متفاوت در طول بحران کووید یافت شد.

رفتارهای مشاهده شده از مشتریان به چند دسته تقسیم میشود: افرادی که مصرف عادی خود را در طول قرنطینه حفظ کرده اند، دیگری که مصرف انرژی را کاهش داده اند (به میزان کم یا زیاد) و پس از رفع محدودیت ها مصرف خود را تغییر نداده اند، و افرادی که مصرف را کاهش داده اند اما پس از آن زمانی که محدودیت ها برداشته شد، به مصرف اولیه خود بازگشته اند.

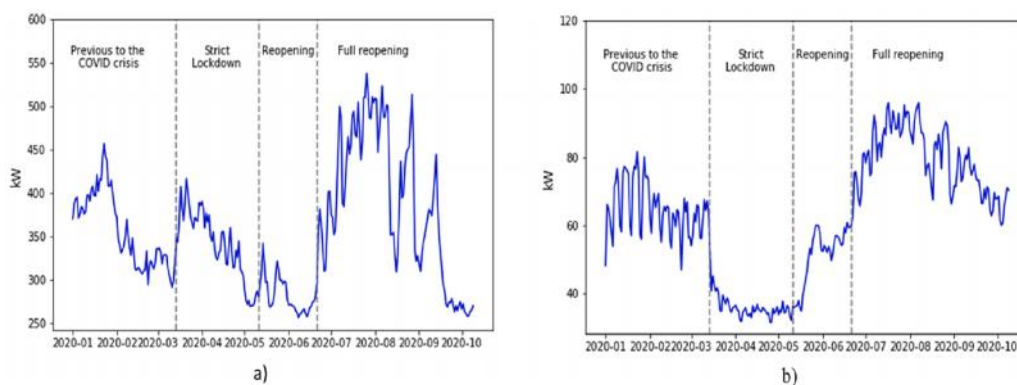
کووید-۱۹ تأثیر شگرفی بر جوامع و اقتصاد کشورها در سراسر جهان گذاشته است. این تأثیر به وضوح بر مصرف انرژی منعکس شده است. نه تنها تأثیر محدودیت های COVID-19 در سطوح انبوه، بلکه تأثیر آن بر گروه های کوچکتر در سطح مشتری نیز قابل توجه است. به عنوان مثال مصرف جهانی انرژی مانزانیلا در زمان قرنطینه افزایش یافته است، اما در صورت تجزیه و تحلیل داده ها، می توان دریافت که سهم مصرف کنندگان مناطق مسکونی، در افزایش میزان مصرف انرژی از همه بیشتر است.

واضح است که تاثیرات ناشی از قرنطینه تا به حال بر مصرف انرژی تاثیر گذاشته است. افزایش مصرف انرژی جهانی به شرح زیر است؛ ۱۰,۴٪ افزایش مصرف در هفته های اول قرنطینه ، ۱۲,۱٪ افزایش مصرف در طول دوره قرنطینه و ۶٪ افزایش مصرف در دوران بازگشایی مجدد. اکثریت قریب به اتفاق مصرف کنندگان انرژی واحدهای مسکونی هستند که در طی دوران قرنطینه، مجبور به اقامت در خانه هستند و بنابراین مصرف خود را افزایش داده اند. به این معنا، مشتریان مسکونی در طول هفته های اول قرنطینه مصرف خود را در ۱۳,۱٪ افزایش داده اند. در حالی که مشتریان غیر مسکونی ۳۵,۲٪ مصرف خود را کاهش داده اند. این نتایج با واقعیت سازگار است زیرا بر اساس محدودیت های دولت اسپانیا در نیمه دوم مارس ۲۰۲۰؛ همه جمعیت مجبور به اقامت در خانه بودند و کسب و کارهای غیر ضروری باید بسته میشدند.

شکل ۷ مصرف انرژی شهر منزانیا در دوران کرونا را با میانگین مصرف انرژی سال های گذشته این شهر مقایسه می کند .



شکل ۷ مقایسه مصرف انرژی شهر منزانیا در دوران کرونا با میانگین مصرف انرژی سال های گذشته



شکل ۸ مصرف انرژی مشتریان مسکونی و غیرمسکونی در دوران کرونا

مشتریان مسکونی :

در مجموع ۱۳۴۸ کنتور هوشمند به عنوان مشتریان مسکونی برچسب گذاری شده است. در شکل ۱۱ الف، کل مصرف انرژی مشتریان مسکونی نشان داده شده است. در این شکل، چهار بازه زمانی قابل مشاهده است: قبل از قرنطینه‌های کووید، در طول قرنطینه کامل در اسپانیا، دوره بازگشایی (با محدودیت) و بازگشایی کامل. از این رقم می‌توان افزایش مصرف را درست پس از شروع قرنطینه‌ها و در بازگشایی کامل مشاهده کرد. اما تنها با این رقم نمی‌توان نتیجه‌گیری کرد زیرا این افزایش ممکن است الگوی مصرف عادی شهر مانزانیلا باشد. یا ممکن است به دلیل ماهیت فصلی داده‌ها باشد.

مشتریان غیرمسکونی:

در مجموع ۷۸ مشتری با کدهای اقتصادی غیرمسکونی در مجموعه داده یافت شد. از بین این مشتریان، ۱۹ نفر دارای مصرف کم غیرمعمولی (قبل از قرنطینه) بودند، بنابراین در تحلیل داده‌ها در نظر گرفته نشدند. اکثر این مشتریان به عنوان مکان‌های ذخیره‌سازی یا گاراژ برچسب خورده بودند. کل مصرف انرژی این مشتریان در شکل ۱۱ نشان داده شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، مشتریان غیرمسکونی برخلاف مشتریان خانگی، با تعطیلی و قرنطینه، مصرف خود را کاهش داده‌اند، اما باز هم ممکن است این کاهش مصرف عادی این مشتریان باشد یا به دلیل ماهیت فصلی داده‌ها باشد.

برای بررسی بهتر رفتار مصرف انرژی مشتریان غیرمسکونی به ۵ کلاس (خوشه) تقسیم بندی شده‌اند. تعداد بهینه خوشه‌ها بین پنج تا شش است. جدول زیر خلاصه‌ای از فعالیت‌های اقتصادی مشتریان هر خوشه را نشان می‌دهد.

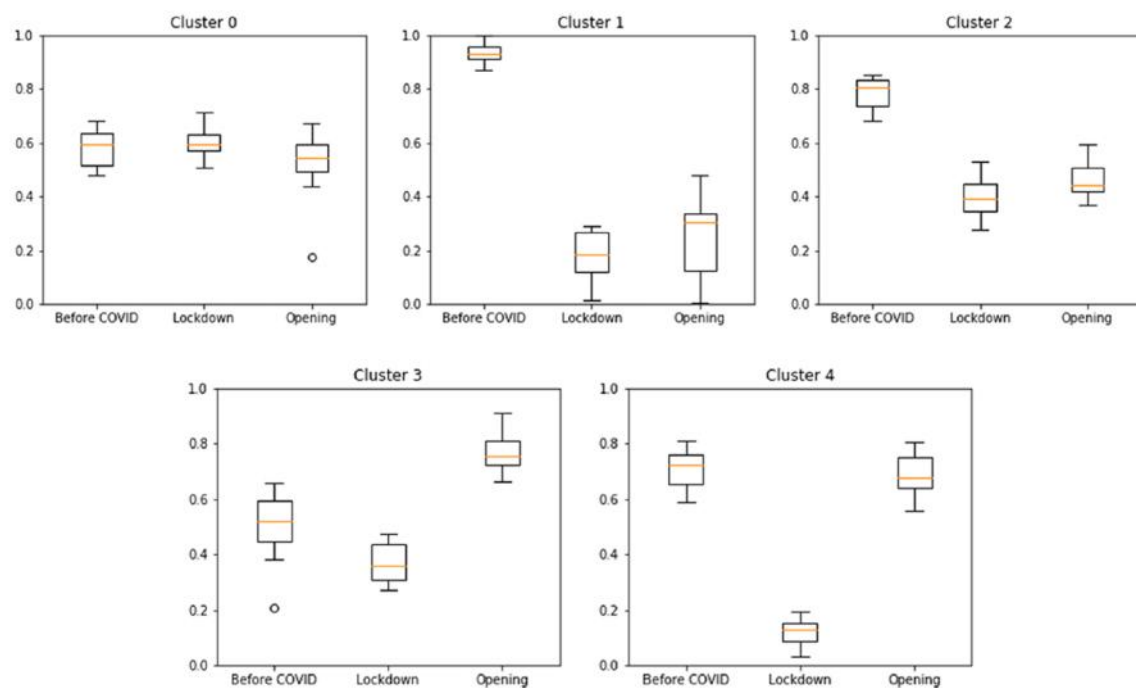
Summary of economic activities found in the customers of each cluster.

Cluster	No. Customers	Summary of economic activities found in the cluster (NACE code)
0	16	Businesses (mainly for grocery activities), public services (public lights and water distribution), health services (pharmacies and health centers)
1	10	Restaurants, pubs and public institutions.
2	13	Public institutions and industrial services.
3	11	Small businesses.
4	9	Restaurants and small businesses

شکل ۹ خلاصه ای از فعالیت های اقتصادی مشتریان هر خوشه

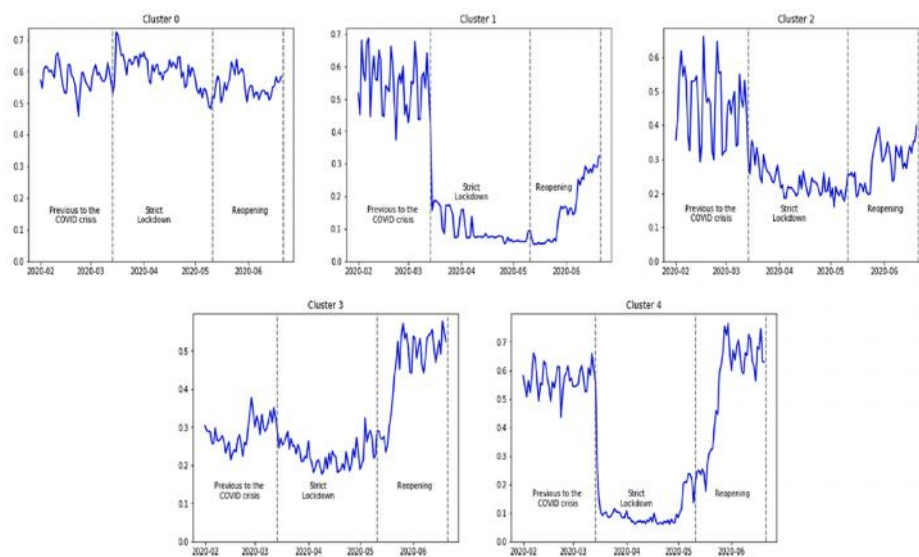
نمودار جعبه ای هر خوشه نیز در شکل بالا نشان داده شده است. جعبه ها ویژگی های مشتریانی هستند که به خوشه نشان داده شده اختصاص داده شده اند. در زیر هر نمودار از چپ به راست موارد زیر نشان داده شده است؛ قبل از بحران کووید-۱۹، در طول قرنطینه های شدید و دوران بازگشایی ها پس از قرنطینه های شدید.

مشتریان خوشه ۰ مصرف خود را در تمام بحران کووید حفظ کرده اند. خوشه های ۱ و ۲ مصرف خود را در طول قرنطینه کامل کاهش داده اند و بازگشایی کاهش قابل توجهی در مصرف خوشه ۱ نسبت به خوشه ۲ داشته است. خوشه های ۳ و ۴ مصرف خود را در طول قرنطینه کامل کاهش داده اند اما پس از مجدد مصرف خود را افزایش داده اند. در دوران قرنطینه خوشه ۳ نسبت به خوشه ۴ افت بسیار کمتری در مصرف داشته است و در زمان بازگشایی نسبت به قبل از قرنطینه مصرف بیشتری داشته است.



شکل ۱۰ نمودار جعبه ای هر خوشه

در شکل ۱۱ میانگین مصرف نرمال شده^۱ خوشه ها نشان داده شده است.



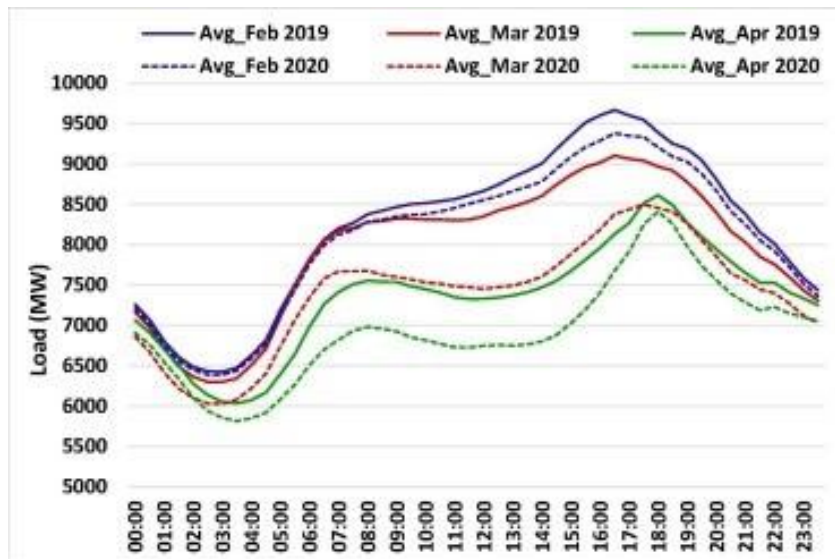
شکل ۱۱ میانگین مصرف نرمال شده خوشه ها

normalized mean consumption

۴-۲-۲- استرالیا:

استرالیا یکی از کشورهای پیشرو است که با اعمال قرنطینه شدید در سراسر کشور، عملکرد بهتری در کنترل شیوع COVID-19 دارد. مانند بسیاری از کشورها، انتشار در اوایل مارس ۲۰۲۰ شتاب گرفت و در هفته آخر مارس به اوج خود رسید و به تدریج در آخرین هفته آوریل ۲۰۲۰ به پایین ترین سطح رسید.

از ۶۷۳۱ مورد تایید شده در استرالیا، بیش از ۳۰۰۰ مورد در نیو ساوت ولز (NSW) هستند و محدودیت قرنطینه نیز بر تقاضای برق در این ایالت تاثیر بیشتری گذاشته است. شکل ۱۲ نمایه بار روزانه را از ژانویه تا آوریل ۲۰۲۰ در مقایسه با سال ۲۰۱۹ نشان می دهد و مشخص شده است که در ماه مارس، بیشترین کاهش بار رخ داده است، در حدود ۷,۱۵ درصد، و پس از آن ماه آوریل با ۵,۶۵ درصد در مقایسه با تقاضای زمانی در مدت مشابه سال ۲۰۱۹ قرار دارد.



شکل ۱۲ بررسی بار روزانه استرالیا از فوریه تا آوریل ۲۰۲۰

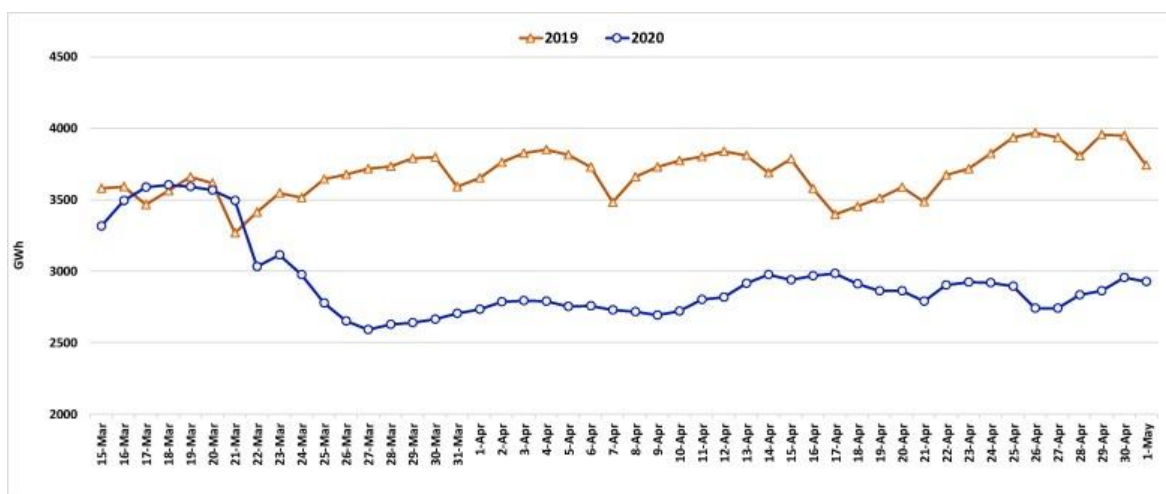
با توجه به COVID-19، رکود اقتصاد به طور اجتناب ناپذیری بر سیستم های انرژی تأثیر خواهد گذاشت. در استرالیا، تقاضای کلی برق در ماه مارس ۶,۷ درصد کاهش یافت. مقایسه داده های پیش از قرنطینه (۱ تا ۷ مارس) و پس از قرنطینه (۲۲ تا ۲۸ مارس) در یک ایستگاه فرعی در شمال غربی

ملبورن در شرایط آب و هوایی مشابه نشان می‌دهد که تقاضای تجاری تا ۷ درصد کاهش یافته است (که معمولاً بالاترین میزان مصرف را به خود اختصاص می‌دهد)، کاهش تقاضای صنعتی به میزان ۱ درصد و افزایش تقاضای مسکونی به میزان ۱۴ درصد، با این حال تقاضای کلی برای هفته اول قرنطینه ۱ درصد افزایش یافته است.

اگرچه در استرالیا تغییر چشمگیری در تقاضای انرژی در بخش های مختلف وجود دارد، با این حال، تقاضای کلی در مقایسه با کشورهای دیگر مانند ایالات متحده، ایتالیا و اسپانیا به طور قابل توجهی کاهش نیافته است.

۲-۲-۵- هند

مانند سایر کشورها، شیوع COVID-19 در هند نیز آغاز شد و دولت اقدامات خود را از اواسط مارس ۲۰۲۰ آغاز کرد. به طور خلاصه، میانگین کل مصرف انرژی روزانه ۱۰۰۰ گیگاوات ساعت در مقایسه با سال ۲۰۱۹ کاهش یافته است، همانطور که در شکل ۱۳ نشان داده شده است. در نتیجه، ترکیب انرژی در طول قرنطینه بسیار متفاوت است، به ویژه، تولید مبتنی بر زغال سنگ تنظیم شده برای جبران کاهش مصرف که اولویت بیشتری به تولید RES داده است. بنابراین، به دلیل افزایش تقاضای برق داخلی، هزینه خرید برق نیز در مقایسه با دوره قبل از کووید به حداقل رسید.



شکل ۱۳ کل مصرف انرژی هند بر حسب GWh

با این حال، با توجه به در دسترس بودن منابع انرژی تجدیدپذیر مانند تابش خورشیدی و سرعت باد، تنوعی در تولید RES (منابع انرژی تجدیدپذیر) وجود دارد. علاوه بر این، فرض بر این است که تولید از فتوولتائیک خورشیدی بالای پشت بام (PV) حداکثر استفاده شده است زیرا اکثر خانوارها در خانه بودند.

۲-۲-۶- ایران

درحالی که در نیمه اول سال ۱۳۹۸ شاخص‌های اقتصادی روند رو به بهبودی را نشان می‌دادند، در نیمه دوم سال با بروز بحران‌های متعددی که پیش آمد، این روند متوقف شد. نرخ رشد اقتصادی بدون نفتکه از ۵,۵ درصد در تابستان ۱۳۹۶، به ۵,۵- درصد در پاییز ۱۳۹۷ رسیده بود، در پاییز ۱۳۹۸ رقم مثبت ۰,۹ درصد گزارش شد و نرخ بیکاری که از ۱۱,۷ درصد در تابستان ۱۳۹۶ به ۱۲,۱ درصد در زمستان ۱۳۹۷ افزایش یافته بود، در پاییز ۱۳۹۸ مجدداً به ۱۰,۶ درصد کاهش پیدا کرد. (گزارش‌های فصلی مرکز آمار ایران و مرکز پژوهش‌های اتاق ایران)

در زمستان ۱۳۹۸ کشور با بحران شیوع ویروس کووید ۱۹ مواجه شد. شیوع و سپس همه‌گیری این ویروس ضمن آنکه در درجه اول اهمیت، جان مردم را تهدید کرد، در همه‌ی ابعاد اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و مدیریتی نیز اثرگذار بوده است. در شرایط جدید احتمال می‌رفت که با:

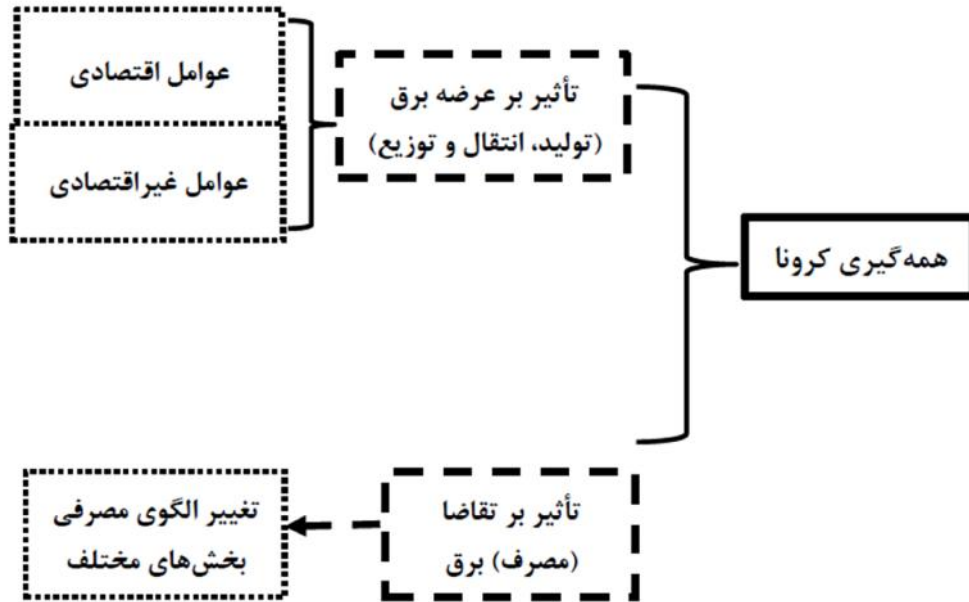
- کاهش درآمدهای صادرات نفتی
- کاهش فعالیت‌های صنعتی به دلیل فاصله‌گذاری اجتماعی و عدم دسترسی به مواد اولیه و لوازم یدکی

- رکود در بخش چشمگیری از مشاغل تجاری و خدماتی به صورت موقتی
- موج جدید تعدیل نیروی کار و افزوده شدن به تعداد بیکاران
- کاهش تقاضای کل اقتصاد در اثر کاهش مخارج مصرفی، صادرات و سرمایه‌گذاری
- مشکلات ایجاد شده در عرضه کل ناشی از آسیب دیدن زنجیره ارزش تولیدات

اقتصاد که در معرض شوک‌های عرضه و تقاضا قرار می‌گیرد، با مشکلات جدی مواجه شود.

از آن‌جاکه برق نهاده اولیه و اصلی اغلب تولیدات است، صنعت برق یکی از بخش‌های مهم در اقتصاد قلمداد می‌شود. بررسی وضعیت صنعت برق در شرایط موجود، میتواند در یافتن راهکارهایی به منظور

تخفیف آثار بحران کرونا بر عملکرد این صنعت مؤثر باشد. به گونه‌ای که از سویی کمترین آسیب به این بخش وارد شود و از سوی دیگر پس از بازگشت شرایط به حالت عادی، عرضه‌کنندگان برق قادر باشند همچون سابق به تأمین برق پایدار برای گروههای مختلف ادامه دهند.



شکل ۱۴ مشکلات ایجاد شده در اثر شیوع کرونا به تفکیک اثرگذاری بر عرضه و تقاضای برق

مهم ترین آثار احتمالی شیوع کرونا بر "عرضه برق" عبارتند از:

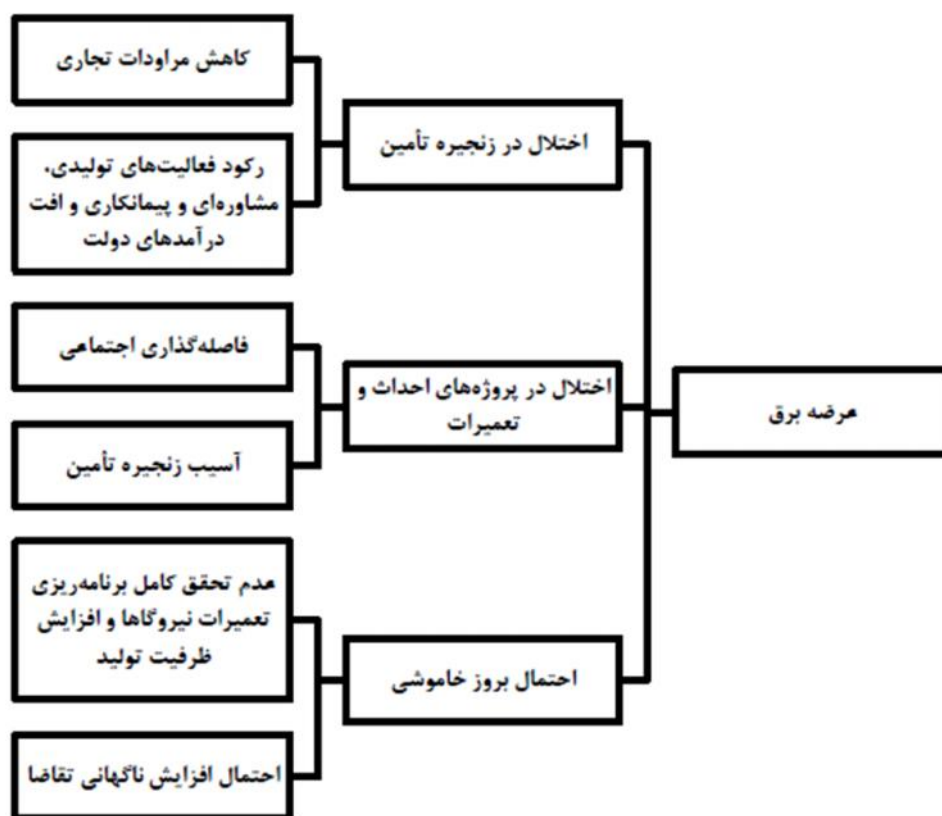
- اختلال در زنجیره تأمین تجهیزات صنعت برق و سوخت مورد نیاز نیروگاه‌ها (ناشی از کاهش مراودات تجاری، رکود در فعالیتهای صنعتی و تولیدات داخلی صنعت برق و همچنین احتمال بروز بی‌ثباتی در تأمین سوخت مورد نیاز نیروگاه‌ها)

- اختلال در اجرای پروژه‌های احداث صنعت برق، نگهداری و تعمیرات (ناشی از کاهش ساعات کاری و فاصله‌گذاری اجتماعی و اختلال در تأمین تجهیزات مورد نیاز پروژه‌ها)

- ناپایداری شبکه تولید، انتقال و توزیع برق و بروز خاموشی (انجام نشدن به موقع تعمیرات همه‌ی واحدهای نیروگاهی و محقق نشدن کامل برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته برای افزایش ظرفیت تولید برق کشور در سال ۱۳۹۸)

در سمت "تقاضای برق" نیز مواردی که در ذیل نامبرده شده‌اند از پیامدهای احتمالی کرونا بر صنعت برق است:

کاهش تقاضا و تغییر الگوی مصرف بخشهای مختلف در کوتاه مدت
آثار افزایش ناگهانی مصرف در صورت کنترل بحران کرونا در میان مدت



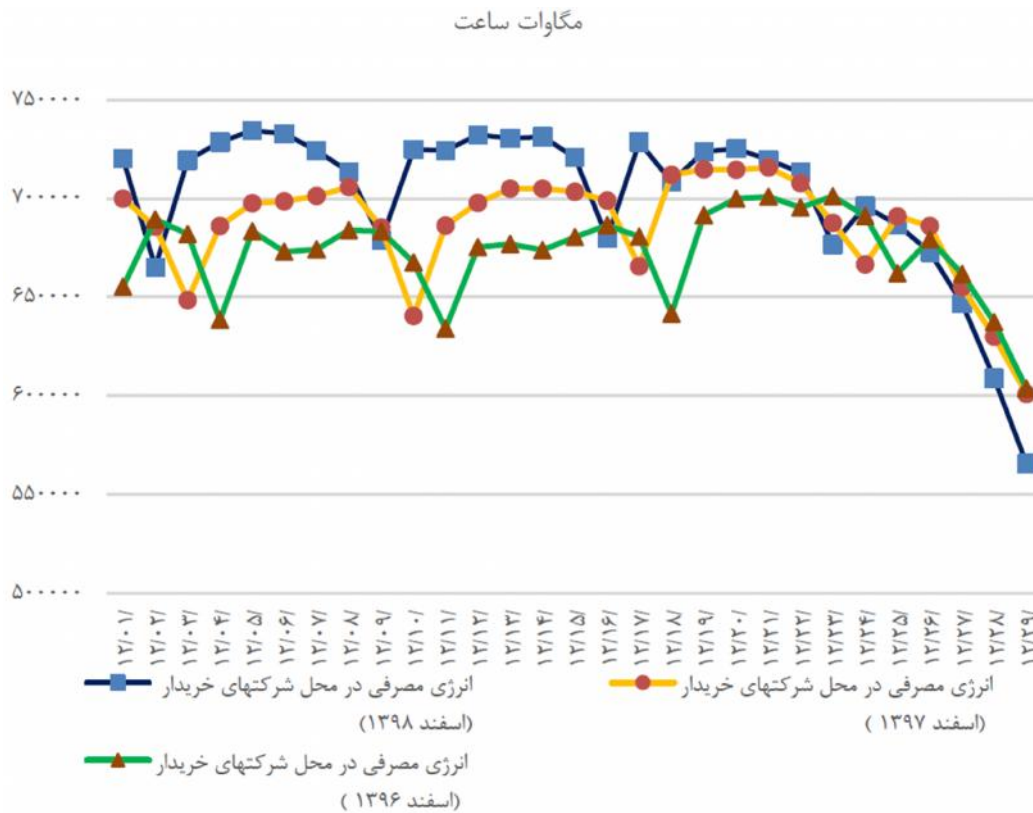
شکل ۱۵ عوامل موثر بر عرضه برق با شیوع کووید ۱۹

۲-۲-۶-۱- تأثیر کرونا بر تقاضای برق

تأثیر کووید ۱۹ بر تقاضای برق را از دو بعد کوتاه‌مدت و میان مدت می‌توان بررسی کرد. در کوتاه‌مدت آنچه در سطح جهانی مشاهده شد، کاهش تقاضای برق در اثر اجرای طرح‌های فاصله‌گذاری اجتماعی و قرنطینه گسترده است.

هم چنین باتوجه به کاهش حجم مسافرت در بخش خانگی در فروردین ۱۳۹۹ و اسفند ۱۳۹۸، مصرف برق از بخش تجاری به بخش خانگی انتقال پیدا کرد و این تغییر الگوی تقاضا خود به کاهش درآمد وزارت نیرو منجر شد. زیرا نرخ فروش برق در بخش خانگی و تجاری متفاوت است و قیمت برق در بخش تجاری بسیار بالاتر از بخش خانگی است.

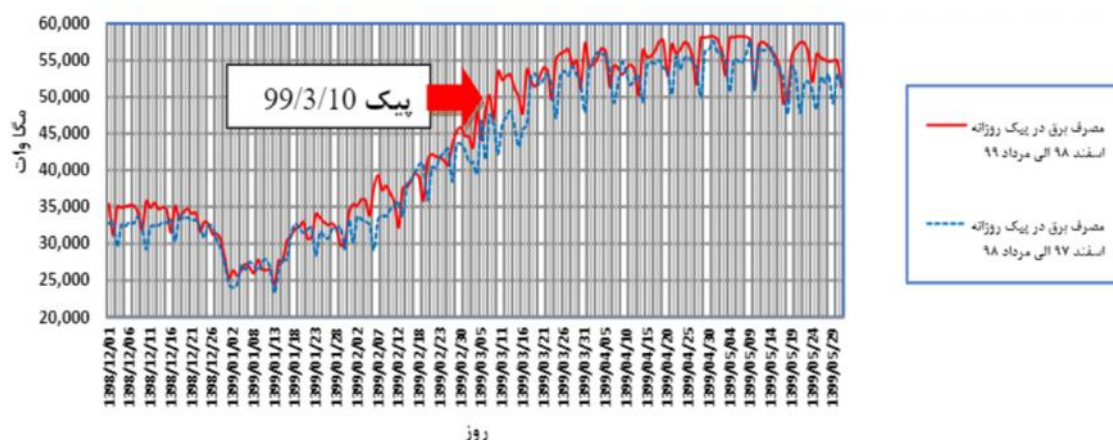
طبق گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، شکل ۱۶ آمار برق مصرفی در محل شرکت‌های خریدار را در روزهای اسفند در سالهای ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ را نشان می‌دهد. این متغیر مقدار انرژی برق اندازه‌گیری شده (ثبت شده) در کنترهای مورد تأیید شرکت مدیریت شبکه برق ایران در محل شرکت‌های خریدار برق منطقه‌ای یا توزیع است. اگر از تلفات شبکه صرف نظر شود، این متغیر می‌تواند نماینده‌ای برای مصرف کل برق در هر روز باشد. روند این متغیر در نیمه دوم اسفند ۱۳۹۸ نسبت به نیمه اول اسفند همین سال، در مقایسه با همین روند برای اسفند ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، می‌تواند نشان دهنده اثر منفی ویروس کرونا بر مصرف برق باشد. همانطور که مشاهده می‌شود، افت این متغیر در نیمه دوم اسفند سال ۱۳۹۸ همزمان با شیوع گسترده این ویروس با شدت بیشتری نسبت به دو سال گذشته صورت گرفته است. درحالی که از ابتدای اسفند تا پایان نیمه اول آن نمودار مربوط به سال ۱۳۹۸ با فاصله زیاد از دو سال گذشته بالاتر است که با رشد تقاضای برق بر اساس آمار کلی سال ۱۳۹۸ به نسبت ۱۳۹۷ نیز سازگار است. محاسبات نشان می‌دهد میانگین انرژی مصرفی در محل شرکت‌های خریدار در نیمه دوم اسفند ۱۳۹۸ به نسبت نیمه اول آن، ۵ درصد کاهش داشته است درحالی‌که در سال ۱۳۹۷ این میزان کاهش تنها ۱,۱ درصد بوده است. این بدین معناست که با گسترش شیوع ویروس کرونا میزان تقاضای برق نسبت به میزان مورد انتظار کاهش یافته است.



شکل ۱۶ مقایسه تغییرات برق مصرفی روزانه ایران در اسفند سالهای ۱۳۹۶، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

با توجه به اینکه گزارش تهیه شده توسط مرکز پژوهشهای مجلس شورای اسلامی با در نظر گرفتن زمان تهیه آن محدود به بررسی مصرف برق تا انتهای اسفندماه بوده است، تصمیم گرفته شد برای بررسی بیشتر روند توضیح داده شده در گزارش مذکور تغییرات روزانه مصرف برق تا انتهای مرداد سال ۱۳۹۹ که شامل زمان قرنطینه کامل و بعد از آن در ایران بوده است، مورد تحلیل قرار گیرد. بدین منظور از آمار مصرف روزانه ارائه شده در سایت شرکت مدیریت شبکه برق ایران استفاده شده است. لازم به ذکر است، باتوجه به عدم وجود آمار مربوط به کل تقاضای روزانه برق در سایت مذکور، فقط میزان مقادیر پیک (اوج) روزانه ارائه شده که از این آمار به عنوان نمایندگانی از مصرف روزانه استفاده شده است، زیرا که هدف این تحلیل، بررسی تغییرات مصرف در طول زمان مدنظر و مقایسه آن با زمان متناظر در سال گذشته است و مقادیر پیک این تغییرات را نشان میدهد. مصرف برق در ایران دارای دو پیک است که در شبانه روز اتفاق میافتد. معمولاً اولین پیک در ظهر حدود ساعات بین ۱۱ تا ۱۴ اتفاق می افتد که مربوط به اوج مصارف تجاری و صنعتی و ادارات است و دومین پیک در حدود ساعات بین ۱۸ تا ۲۱

باتوجه به فصل است که مربوط به استفاده از برق برای روشنایی و مصارف خانگی است. جهت بررسی مصرف برق ایران در ایام قرنطینه و بعد از آن، آمار روز به روز پیک مصرف روزانه در ایران از تاریخ ۱ اسفند ۱۳۹۸، تا ۳۱ مرداد ۱۳۹۹ از سایت مربوطه و آمار متناظر آن در سال گذشته نیز جهت مقایسه تغییر روند مصرف استخراج شده است و گراف ارائه شده در شکل ۱۷ رسم گردیده است. آنچه که در گراف پیک روزانه مصارف برق تا انتهای مرداد ۱۳۹۹ مشاهده میشود نیز تا حدودی مشابه آن روندی است که توسط مرک ز پژوهشهای مجلس شورای اسلامی بررسی و مطرح گردید. همانطور که در گرافها مشاهده میشود تا پایان نیمه اسفند، اختلاف گراف مربوط به سال ۱۳۹۸ در اکثر روزها با سال قبل قابل توجه است که با در نظر گرفتن افزایش تقاضای پیشبینی شده نسبت به سال قبل منطقی است چرا که انتظار میرود منحنی تغییرات مربوط به مصرف روزانه برق در هر سال نسبت به سال قبل باتوجه به افزایش تقاضای مورد انتظار، رشد مقادیر را نشان دهد و بالای گراف سال قبل قرار گیرد، ولی با شیوع بیشتر ویروس کرونا گراف روشن به گراف تیره رنگ نزدیک شده و اختلاف تقاضا با سال قبل کمتر میگردد و این روند تا پایان فروردین ماه ادامه دارد تا جایی که در برخی نقاط دو گراف با هم تلاقی دارند. اما با تمام شدن قرنطینه و بازگشایی اکثر مشاغل، شاهد افزایش فاصله نمودارها هستیم. لازم به ذکر است تغییرات پیک مصرف برق به پارامترهای مختلفی از جمله دما و غیره بستگی دارد اما با مقایسه و بررسی تغییرات پیک سال جاری با سال گذشته در یک بازه زمانی ۶ ماهه و نزدیک شدن دو گراف به یکدیگر در بازه زمانی منطبق با زمان قرنطینه میتوان چنین نتیجهگیری نمود که کاهش مصرف مشاهده شده در بازه منطبق با زمان قرنطینه در نمودار سال جاری تأثیر گرفته از ویروس کرونا است.



شکل ۱۷ مقایسه میزان مصرف برق در ساعات پیک روزانه در دوره مورد مطالعه، با مصرف متناظر سال گذشته (مگاوات)

۲-۳- بررسی اثرات کوتاه مدت و بلندمدت کووید-۱۹ بر انرژی و

محیط زیست

با بررسی اثرات محیط زیستی کووید-۱۹ در ایالات متحده مشخص شد که در کوتاه مدت، مصرف سوخت جت و بنزین به ترتیب ۵۰ درصد و ۳۰ درصد کاهش یافته است، در حالی که تقاضای برق کمتر از ۱۰ درصد کاهش یافته است. انتشار CO₂ نیز تا ۱۵ درصد کاهش یافته است، در حالی که آلاینده های محلی هوا نیز کاهش یافته است و باعث نجات جان ۲۰۰ نفر در ماه می شود. همه گیری کووید-۱۹ جهان را متحول کرده است. هر زمان که یک تغییر عمده در فعالیت های اقتصادی رخ دهد، پیامدهایی برای محیط زیست خواهد داشت. ما دیدگاهی در سطح کلان در مورد اثرات زیست محیطی کووید-۱۹ در کوتاه مدت و بلندمدت داریم.

در کوتاه مدت، جاده ها، کارخانه ها و ساختمان های اداری تجاری ما از رونق افتاده اند، انتشار گازهای گلخانه ای کاهش یافته و هوا پاک می شود، اما هزینه های گزافی برای جامعه همراه دارد. در بلندمدت، پیامدهای کووید-۱۹ تقریباً نامشخص است. و تعدادی نظریه برای اثرات بلندمدت کووید وجود دارد.

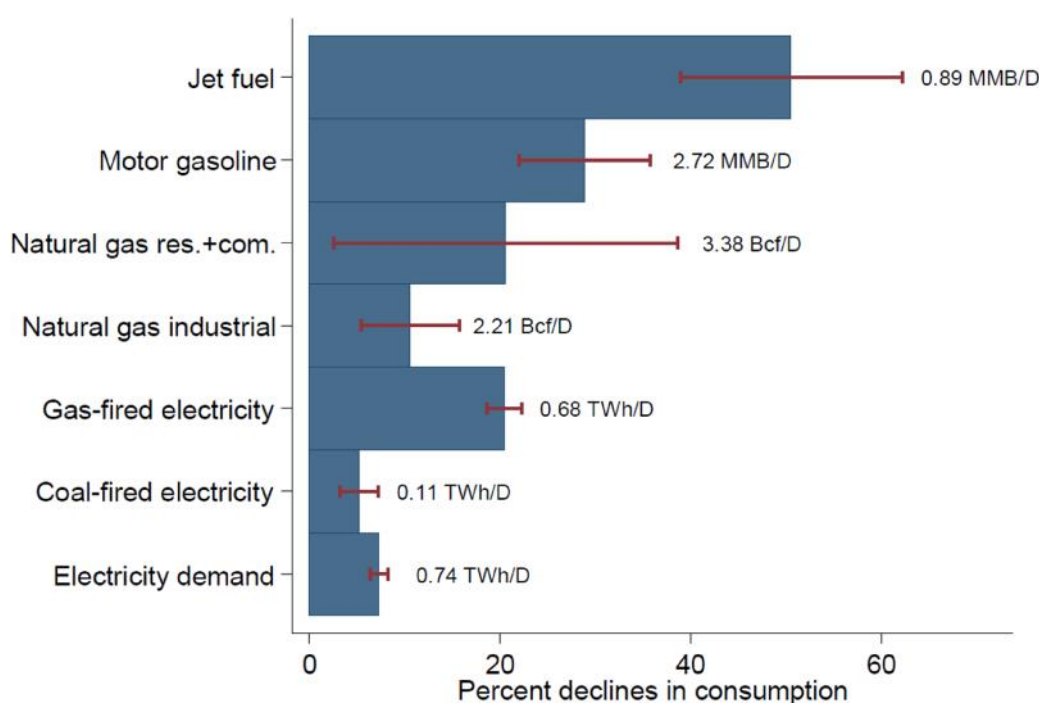
۲-۳-۱- اثرات کوتاه مدت:

کووید-۱۹ مستقیماً تمام اقتصادهای بزرگ جهان را به رکود نزدیک کرده است. کنفرانس ها، گردهمایی ها و سفرهای مختلف به شدت محدود شده اند. بخش بزرگی از اقتصاد تحت تاثیر قرار گرفته است. یکی از موارد مهم در این شرایط ویرانگر این است که کاهش تقاضا برای انرژی منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و آلاینده های محلی شده است.

این کاهش ها از طریق مقایسه مصرف انرژی در بازه ی مارس تا ۷ ژوئن ۲۰۲۰، پس از شروع همه گیری و قبل از همه گیری کرونا بررسی می کنند. با بررسی تأثیرات آب و هوا، تولید انرژی های تجدیدپذیر و الگوهای فصلی، مصرف انرژی را در طول قرنطینه پیش بینی میکنند.

شکل زیر نشان می دهد که بیشترین درصد کاهش در مصرف انرژی مربوط به سوخت جت و بنزین است که با کاهش ۵۰٪ ای و ۳۰٪ ای مواجه شده اند. سایر دسته ها کاهش مصرف کمتری نسبت به سوخت جت و بنزین داشته اند.

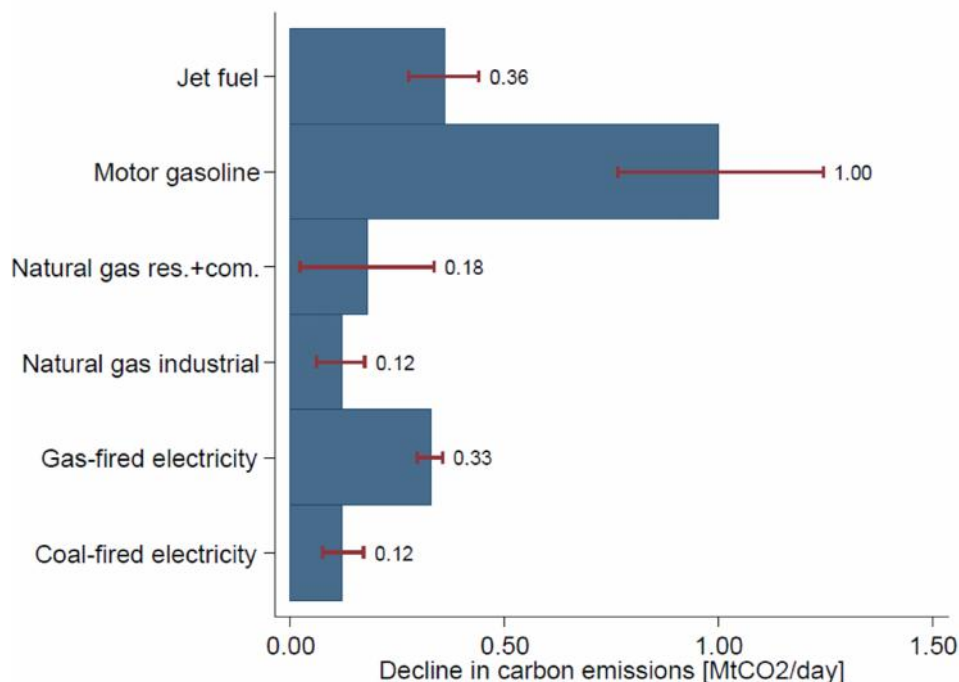
استفاده از گاز طبیعی در ساختمان های مسکونی و تجاری تقریباً ۲۰ درصد کاهش یافته است در حالی که تقاضای کلی برق (برق با سوخت زغال سنگ)^۱ کمتر از ۱۰ درصد کاهش یافته است. مصرف برق تجاری و صنعتی ممکن است تحت تاثیر این تعطیلی ها قرار گرفته باشد و کاهش پیدا کرده باشد، بخشی از این کاهش با افزایش تقاضای برق خانگی از سوی مردمی که در خانه می مانند، جبران شده است و تا ژوئن، مصرف برق تا حد زیادی به روند بازگشته است.



نمودار B کاهش انتشار CO₂ در اثر کاهش مصرف انرژی را نشان می دهد. بیشترین کاهش انتشار CO₂ مربوط به بنزین است. کاهش مصرف گاز طبیعی نیز منجر به کاهش تقریباً زیادی در انتشار CO₂ می شود. این کاهش ها معادل تقریباً ۱۵ درصد کاهش در انتشار روزانه CO₂ است که در صورت ادامه این روند، بزرگترین کاهش درصد سالانه CO₂ برای ایالات متحده در تاریخ ثبت خواهد شد.

coal-fired electricity

میزان کاهش انتشار دی اکسید کربن در امریکا مطابق با روند کاهشی است که در توافقنامه پاریس ذکر شده است. اما منابع کاهش CO₂ کاملاً متفاوت است و دارای یک استراتژی بهینه برای کاهش انتشار CO₂ با توجه به تغییرات ساختاری در سیستم انرژی نیست.



کاهش تقاضای انرژی همچنین باعث کاهش انتشار آلاینده‌های محلی^۱ هوا می‌شود که بر سلامتی انسان تأثیر می‌گذارد. ما کاهش انتشار SO₂، NO_x، VOC و PM را محاسبه می‌کنیم. میزان کاهش انتشار از ۱۲٪ برای NO_x تا ۱٪ برای PM متغیر است. کنث و همکاران تخمین می‌زنند که تعطیلی‌ها و محدودیت‌ها باعث نجات جان ۲۰۰ نفر در ماه می شود که عمدتاً ناشی از انتشار کمتر ذرات معلق در هوا است. البته، نجات جان ۲۰۰ نفر در برابر مرگ بیش از ۱۰۰۰۰۰ نفر (در اثر کووید-۱۹) خوشحال کننده نیست.

تعطیلی‌ها باعث کاهش استفاده از ماشین و در نتیجه کاهش تصادفات رانندگی و ازدحام شده است. به عنوان مثال، تعداد تصادفات در بازه زمانی ۱۳ مارس ۲۰۲۰ تا اوایل آوریل کمتر از نصف سال قبل است.

با نظر به این موضوع میزان سرمایه گذاری بر تکنولوژی‌های حمل و نقلی که کربن کمتری تولید میکنند کاهش یافته است. پیش‌بینی می‌شود که فروش جهانی خودروهای برقی در سال ۲۰۲۰ به میزان ۴۳ درصد کاهش یابد که دلیل آن کاهش فروش کلی خودرو همراه با قیمت پایین بنزین است. از اثرات کوتاه مدت کرونا کندشدن روند توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است. تاسیسات خورشیدی روی پشت بام مسکونی و همچنین ممیزی‌های بهره‌وری انرژی به شدت کاهش یافته است. به طور کلی مشاغل مرتبط انرژی پاک تا پایان آوریل تقریباً ۶۰۰۰۰۰ کاهش یافته است. اگرچه اینها اثرات کوتاه مدت هستند، اما ممکن است اثرات بلندمدت داشته باشند.

۲-۳-۲- اثرات بلندمدت

برخلاف اثرات کوتاه مدت کووید-۱۹ که در حال حاضر مشخص است، اثرات بلندمدت آن بسیار نامشخص است. این که چگونه همه‌گیری در بلندمدت بر محیط زیست و سلامت تأثیر می‌گذارد به عوامل مختلفی بستگی دارد از جمله به مدت زمانی که طول می‌کشد تا بیماری کرونا مهار شود و این موضوع که کرونا به چه میزان منجر به افول اقتصادی می‌شود و...

کنث و همکاران برای بررسی اثرات بلند مدت کرونا ۲ سناریو را بررسی کرده‌اند. نتیجه واقعی ممکن است یکی از این سناریوها باشد یا ممکن است حتی شدیدتر از هر دو باشد که چنین حالتی بعید است.

۲-۳-۲-۱- سناریو اول

اولین سناریو بهترین حالت را در نظر می‌گیرد که در آن جهان درمان‌ها و استراتژی‌های مؤثری را برای کنترل کووید-۱۹ کشف میکند و مراکز اقتصادی به تدریج بازگشایی می‌شود و تا پایان سال ۲۰۲۰ به طور کامل کرونا تحت کنترل درمی‌آید. با توجه به این که کووید-۱۹ یک شوک نسبتاً کوتاه مدت برای اقتصاد جهانی بوده است؛ تقاضا برای محصولات و خدمات تا زمان ایمن شدن شرایط به تعویق خواهد افتاد، بنابراین زمانی که کل اقتصاد به طور کامل بازگشایی شود، جهش گسترده‌ای در فعالیت‌های اقتصادی رخ خواهد داد که احتمالاً حتی از فعالیت‌های اقتصادی قبل از شیوع بیماری هم بیشتر خواهد شد.

طبق سناریوی اول روندهای قبل از همه گیری از جمله سرمایه گذاری در فناوری های سبز پس از یک وقفه کوتاه، ادامه خواهند یافت. به عنوان مثال، ظرفیت بادی و خورشیدی قبل از کووید-۱۹ به سرعت در حال افزایش بود که ۱۰,۵ درصد در سال ۲۰۱۹ افزایش یافت، و در این سناریو، تأسیسات جدید از جایی که متوقف شدند ادامه خواهند یافت. سرمایه گذاری در بهره وری انرژی به گونه ای ادامه خواهد یافت که گویی این همه گیری هرگز اتفاق نیفتاده است، عادات کلی مصرف انرژی پس از اتمام همه گیری به روند قبلی بازمی گردد و سیاست گذاران کار خود را ادامه دهند البته با چالش های بودجه ای بیشتر.

۲-۳-۲- سناریو دوم

کنث و همکاران سناریو دوم را محتمل تر می دانند. در این سناریو، اثرات کووید-۱۹ بسیار بیشتر و بزرگتر است از جمله مرگ و میر بسیار بیشتر، اختلالات شدید در زنجیره تامین، رکود جهانی مداوم و این سناریو زمانی اتفاق می افتد که واکسیناسیون همگانی به موقع انجام نشود و شرایط کرونایی از کنترل خارج شود. در این سناریو، تقاضای مردم برای کالاها و خدمات به جای تعویق افتادن به طور کل از بین می رود و تولید واقعی کاهش می یابد.

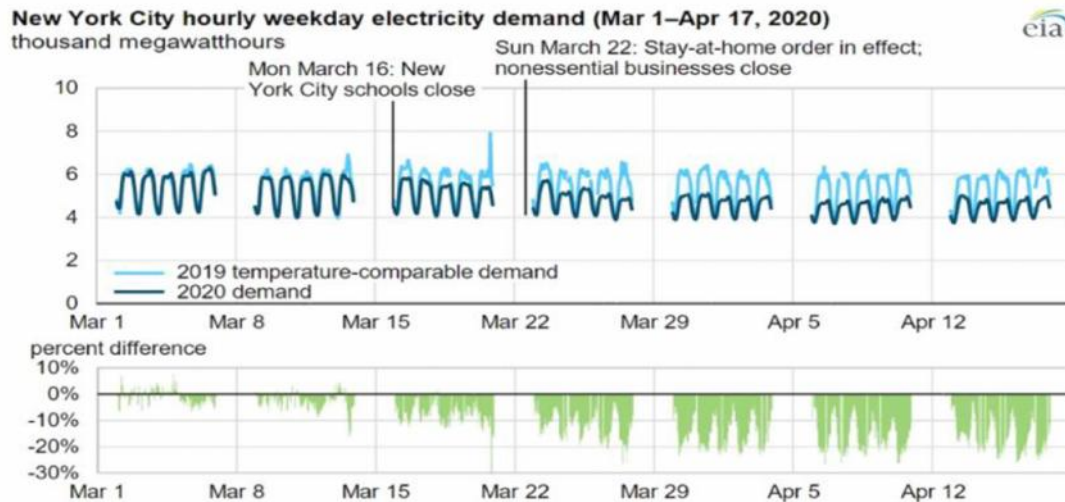
در سناریوی ۲ یک اثر مستقیم و یک اثر غیر مستقیم وجود خواهد داشت. اثر مستقیم آن کاهش انتشار گازهای گلخانه ای به علت شیوع کووید و رکودهای اقتصادی مرتبط با آن است.

اثر غیر مستقیم ناشی سناریوی دوم تغییر در رفتار مردم و سرمایه گذاری است. اگر تعطیلی ها برای مدت زمان طولانی ادامه یابد؛ کارگران و کارفرمایان به دورکاری بیشتر رو می آورند و حتی پس از اتمام دوران همه گیری این گزینه ممکن است همچنان محبوب باشد. این قضیه سفر را کاهش می دهد، اما احتمالاً افزایش مصرف انرژی خانگی را به همراه خواهد داشت. یکی دیگر از پاسخ های رفتاری ممکن است این باشد که افراد حتی پس از اینکه پاندمی تحت کنترل قرار می گیرد، از وسایل حمل و نقل عمومی استفاده نکنند و به جای آن از خودروی شخصی استفاده کنند، که این بحث نیز منجر به افزایش مصرف سوخت میشود.

مهمترین اثر غیر مستقیم طولانی مدت کرونا در این سناریو احتمالاً در سرمایه گذاری بخش انرژی است. شرکت های تازه تاسیس و شرکت های نوپایی که هنوز به سود نرسیده اند، کسانی هستند که تحت تاثیر کرونا از بین خواهند رفت. این امر می تواند به دلیل کاهش تقاضا برای برق و کاهش سودآوری تولید

زغال سنگ^۱، شرکت‌های معدن زغال سنگ را نیز شامل شود. شرکت‌هایی است که تکنولوژی‌های کم کربن^۲ را توسعه می‌دهند نیز تحت تاثیر قرار خواهند گرفت.

در شرایط رکود اقتصادی حاصل از کرونا با کاهش قیمت برق به دلیل کاهش تقاضای آن، سرمایه‌گذاری بر روی انرژی‌های تجدید پذیر کاهش می‌یابد. این امر بر روی پنل‌های خورشیدی روی پشت بام خانه‌ها، مزرعه‌های خورشیدی و سرمایه‌گذاری روی چنین تکنولوژی‌هایی تاثیر می‌گذارد. کاهش کوتاه مدت فروش وسایل نقلیه الکتریکی همچنان ادامه خواهد داشت. نکته مهم اینکه خودروسازان انگیزه و سرمایه کافی برای توسعه تکنولوژی‌های بهینه سازی مصرف انرژی ماشین نخواهند داشت. با وجود همه این شرایط نحوه سیاستگذاری انرژی میتواند همه معادلات را بهم بریزد و شرایط را تغییر دهد.



شکل ۱۸ تغییرات ساعتی میزان تقاضای برق روزانه در هفته‌های متوالی از مارس تا آوریل ۲۰۲۰ و مقایسه با مقدار متناظر در سال

۲۰۱۹

شکل ۱۸ تغییرات تقاضا را از اول ماه مارس تا آوریل ۲۰۲۰ در هفته‌های متوالی در نیویورک نمایش می‌دهد که با گذر زمان و با افزایش محدودیتهای قرنطینه، میزان درصد کاهش تقاضا افزایش یافته است. بررسیها نشان می‌دهد مجموعه اقدامات مسئولین نیویورک برای مقابله با ویروس کرونا، خصوصاً تعطیلی مدارس و برخی ادارات، سبب کاهش ۱۶ درصدی مصرف برق نسبت به ماه قبل از قرنطینه در این ایالت شده است.

coal-fired

low-carbon technologies

فصل سوم

جمع بندی و نتیجه گیری و پیشنهادات

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

۱-۳- راهکارهای پیشنهادی

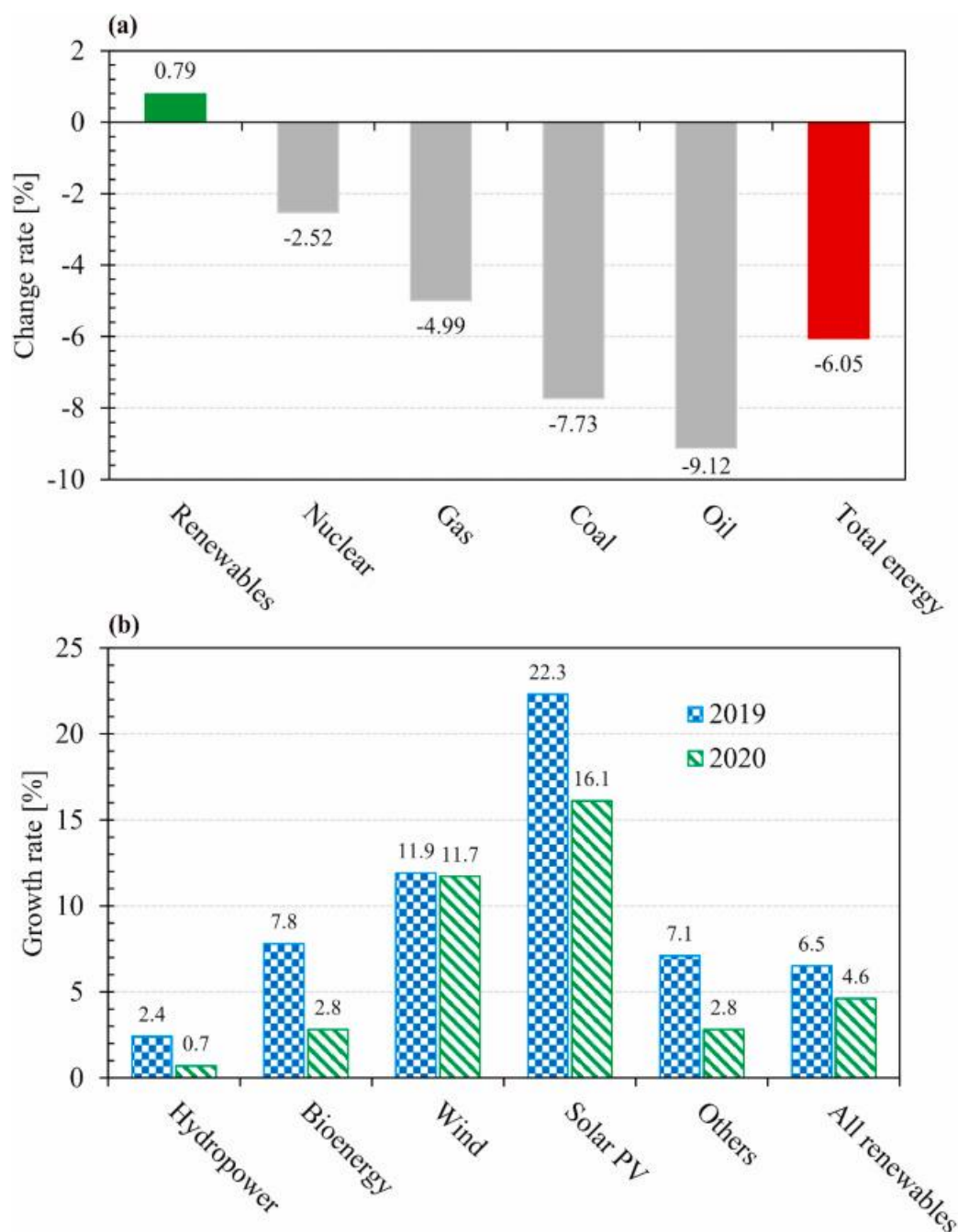
با توجه به تأثیرات منفی همه‌گیری، سیاست‌های جامع انرژی تجدیدپذیر نیز با همان آینده نامشخصی روبرو هستند که پایداری آنها با توجه به شرایط سیاسی و اقتصادی بسیار ناپایدار در جهان پس از همه‌گیری تحت نظارت قرار می‌گیرد. با بهبود شرایط کشورها ناشی از همه‌گیری، سیاست‌ها در جهت احیای اقتصاد و تحریک صنایع آسیب‌دیده آنها تنظیم شده است. برخی اقدامات مالی می‌تواند موانعی را در توسعه و استقرار پروژه و همچنین پیشرفت‌های تحقیقاتی در فن‌آوری‌های انرژی تجدیدپذیر ایجاد کند. کاهش شدید قیمت نفت می‌تواند آینده نگران‌کننده‌ای را برای صنعت سوخت‌های فسیلی نشان دهد و فرصت‌های بالقوه‌ای را برای بخش انرژی‌های تجدیدپذیر ایجاد کند. از یک سو، چشم‌انداز بلندمدت بازارهای نفت خام و گاز طبیعی تحت الشعاع ناپایداری قیمت است. از سوی دیگر، نوسانات بازار، ریسک قراردادهای آتی را بیشتر افزایش می‌دهد. بر اساس اصول اولیه اقتصادی، تقاضای برق به طور طبیعی با کاهش قیمت گاز طبیعی به دلیل سهم قابل توجه آن در ترکیب تولید برق فعلی افزایش می‌یابد. افزایش تقاضا و مصرف انرژی می‌تواند حرکت مثبتی برای شروع رشد اقتصادی ایجاد کند.

از آن‌جا که بحران COVID-19 باعث کاهش شدید سفرها و رکود تجاری و صنعتی قابل توجهی شده است، به کاهش قیمت نفت کمک کرده است. از جنبه مثبت، این امر (حداقل به طور موقت) منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است. با این حال، اعتقاد بر این است که چنین قیمت‌های پایین نفت تأثیر مستقیمی بر پیشرفت در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد داشت. فن‌آوری‌های انرژی پاک در حال گسترش دامنه خود و توسعه زنجیره‌های تامین در چندین قاره بودند. اعتقاد بر این است که قیمت ارزان نفت باعث تضعیف سرمایه‌گذاری‌های جهانی در انرژی پاک، زیرساخت‌های پایدار و بهره‌وری انرژی می‌شود. در عین حال، استدلال دیگر این است که چنین قیمت‌های پایین نفت ممکن است انتقال به انرژی‌های تجدیدپذیر را تسریع کند، زیرا میانگین بازده پروژه‌های نفت و گاز اکنون با پروژه‌های تجدیدپذیر قابل مقایسه است و ممکن است کمتر باشد.

صنایع میلیاردها دلار برای فعالیت های تحقیق و توسعه در وسایل نقلیه الکتریکی و سایر گزینه های تمیزتر برای حمل و نقل هزینه کرده اند. کووید-۱۹ و قیمت های پایین نفت نشان دهنده شکست بزرگی برای این تلاش ها خواهد بود. علاوه بر این، از آنجایی که کشورها اقدامات شدیدی را برای مبارزه با اثر COVID-19 (از جمله پرداخت دستمزدها و طرح های وام تجاری) انجام می دهند، بودجه محدودتر و انگیزه سیاسی کمتری برای سرمایه گذاری در زیرساخت های کربن زدایی و انرژی های تجدیدپذیر در دسترس خواهد بود.

این بحران ها بر تولیدکنندگان نفت شل تأثیر جدی می گذارد، می تواند باعث کاهش تقاضا برای کالاهای نفتی شود و منجر به درآمد کم برای شرکت های نفتی شود که در بلندمدت منجر به انقباض جدی عرضه نفت خواهد شد. کشورها همچنین ممکن است از قیمت های پایین بهره ببرند و در ساخت یا گسترش ذخایر استراتژیک نفت سرمایه گذاری کنند.

سرمایه گذاری در انرژی های تجدیدپذیر می تواند با تسریع تقاضای انرژی تجدیدپذیر، توسعه پروژه های جدید و افزایش فرصت های شغلی در بخش انرژی پاک، منافع مثبتی برای اقتصاد کلی و صنایع کلیدی به همراه داشته باشد. همانطور که در شکل ۱۵ الف نشان داده شده است، انرژی تجدیدپذیر به عنوان کمترین منبع تاثیرگذار در مقایسه نرخ تغییر تقاضای پروژه با سایر اشکال انرژی از جمله هسته ای، گاز طبیعی، زغال سنگ و نفت برجسته می شود.



شکل ۱۹ (a) تغییرات تقاضای برق با مقایسه سالهای ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ (b) رشد نرخ تولید برق تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۰ (سبز رنگ) در مقایسه با سال ۲۰۱۹ (آبی رنگ)

همه‌گیری کووید-۱۹ زمانی جهان را آغاز کرد که پایداری در بخش انرژی اهمیت پیدا کرد. بسیاری از پیاده‌سازی‌های پیشگیرانه اقلیمی مانند چارچوب‌های جدید سیستم تجارت انتشار گازهای گلخانه‌ای

اتحادیه اروپا (EU) و استانداردهای انتشار گازهای گلخانه‌ای وسایل نقلیه با هدف کاهش انتشار کربن قرار بود از سال ۲۰۲۰ شتاب بیشتری به دست آورند. با این حال، گذار سیاسی و اقتصادی که توسط COVID-19 ایجاد شد، مانعی برای همه آنها بوده است. پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در حال انجام در مناطق مختلف در سراسر جهان بر افزایش ظرفیت‌های جدید در بخش برق و سوخت‌های فسیلی به طور فزاینده‌ای در چند سال گذشته تأثیر گذاشته است. علاقه آن به تقویت پایداری زیست‌محیطی از تحقیقات روی جبهه انرژی خورشیدی مشهود است. با توجه به کاهش قابل توجه تولید از بسیاری از صنایع مادر، یکی از مشکلات عمده در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر، تلاطم در زنجیره‌های تامین جهانی است. به عنوان مثال، حمل و نقل پنل‌های خورشیدی به طور کامل از چین متوقف شده است و صنعت انرژی خورشیدی را با مشکل بزرگی مواجه کرده است.

بنابراین دولت‌ها باید با توجه به این موارد، با اتخاذ سیاست‌هایی زمینه را برای بهبود زیرساخت‌های این پروژه‌ها فراهم سازند تا به بهبود اقتصاد، اشتغال و همچنین شرایط آب و هوایی کمک کنند.

منابع و مراجع

- [۱] عطوفت شمسی، کیمیا، قانع، سها، قائم مقامی، رزین، هدایتی، هلیا، عبدالی، اشکان؛ "تأثیر ویروس کرونا بر روی مصرف برق در ایران و جهان"، نشریه روش های هوشمند در صنعت برق، سال دوازدهم، شماره ۴۵، بهار ۱۴۰۰.
- [۲] شرکت مدیریت شبکه برق ایران (۱۳۹۷-۱۳۹۹)، گزارش وضعیت شبکه برق
- [۳] مرکز آمار ایران (۱۳۹۶-۱۳۹۸)، گزارش فصلی اقتصاد ایران.
- [۴] M. Ravikram, G. Shafiullah, R. Kannadasan, V. Mudgal, M. T. Arif, T. Jamal, S. Senthilkumar, V.S. Bala guru, K. S. Reddy, U. Subramaniam, "COVID-19: Impact analysis and recommendations for power and energy sector operation enerarxiv-preprint", PubMed, Aug. 2020.
- [۵] Qiang Wang, Min Su, "A preliminary assessment of the impact of COVID-19 on environment-A case study of China", April 2020
- [۶] Xinxin Zhang, Zhenlei Li, Jingfu Wang " Impact of COVID-19 pandemic on energy consumption and carbon dioxide emissions", August 2021
- [۷] A. Asadi., "Statistical analysis of the economic effects of corona virus on electricity industry and solutions to deal with the negative effects of production in the electricity industry", Iran Electrical Industry Syndicate, April 2020
- [۸] Donyaye Eghtesad Newspaper, "Quarantine effect on energy consumption", Newspaper Number: 4862, News Number: 3643884, April

2020

- M. Xu. and T. Munroe, "Electric shock: China power demand drops as coronavirus shuts plants", <https://www.reuters.com/article/us-china-health-power-idUSKBN2080HD>, Feb. 2020. [٩]
- García, Sebastián, et al. "A retrospective analysis of the impact of the COVID-19 restrictions on energy consumption at a disaggregated level." *Applied energy* 287 (2021): 116547. [١٠]
- Gillingham, Kenneth T., Christopher R. Knittel, Jing Li, Marten Ovaere, and Mar Reguant. "The Short-run and Long-run Effects of Covid-19 on Energy and the Environment." *Joule* 4, no. 7 (2020): 1337-1341. [١١]
- Abubakr. Leila, Anoluwa. James, Olusegun. Abbas " The impacts of COVID-19 on environmental sustainability: A brief study in world context", September 2021 [١٢]
- <https://rc.majlis.ir/fa/report/show/1531426%E2%80%8E> [١٣]
- Anh Tuan, Nizetic, Sandro. Cheng Tung, Chong. Thomas, Sabo. " Impacts of COVID-19 pandemic on the global energy system and the shift progress to renewable energy: Opportunities, challenges, and policy implications", July 2021 [١٤]
- K. Gaspar, M. Gangoellis, M.Casals, P.Pujadas, N.Forcada, "Assessing the impact of the COVID-19 lockdown on the energy consumption of university buildings", February 2022 [١٥]

