

ارزیابی آثار حمله به مناطق پتروشیمی ماهشهر و عسلویه



انديشکده اقتصاد مقاومتی

گروه انرژی

فرزاد ماه ۱۴۰۵

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

آیت الله خامنه‌ای رهبر شهید انقلاب: علاج برون رفت از مشکلات کشور «اقتصاد مقاومتی» است.

اندیشکده اقتصاد مقاومتی: تصمیم بهتر، آینده روشن‌تر

اندیشکده اقتصاد مقاومتی یک «کانون تفکر و تصمیم‌سازی» است که از سال ۱۳۹۵ فعالیت رسمی خود را آغاز کرد. اندیشکده به مسئولین و دستگاه‌ها کمک می‌کند تا تصمیمات بهتری اتخاذ نمایند.

طبق تعریف اندیشکده، اقتصاد مقاومتی یک «الگوی حکمرانی اقتصادی» است، به این معنا که سیاست‌ها، قوانین، قواعد و اقدامات طوری طراحی شود که کشور با کمترین اثرپذیری از تکانه‌های داخلی و خارجی، رشد و پیشرفت پایدار داشته باشد. «شناسایی مسائل از طریق بررسی‌های میدانی و عملیاتی» در گام اول، «تولید راهکار و تصمیم برای حل مسائل با بهره‌گیری از آرای خبرگان و تجربیات جهانی و با در نظر گرفتن ملاحظات و پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری» در گام دوم، «ترویج مباحث جهت اقناع و همراه‌سازی عموم با تصمیم مدنظر» در گام سوم و «پیگیری اتخاذ تصمیم و اجرای آن» در گام چهارم، از جمله فعالیت‌هایی است که با هدف «مقاوم‌سازی اقتصاد» در اندیشکده انجام می‌شود.

علاقه‌مندان می‌توانند از طریق سایت Mett.ir با اندیشکده اقتصاد مقاومتی در ارتباط باشند و نظرات، انتقادات و پیشنهادهای خود را در خصوص این گزارش و سایر فعالیت‌های اندیشکده مطرح نمایند؛ همچنین با حمایت معنوی و مادی از اندیشکده، در تصمیم‌گیری بهتر ارکان کشور و ساخت آینده روشن‌تر سهیم شوند.

ارزیابی آثار حمله به مناطق پتروشیمی ماهشهر و عسلویه

گروه موضوعی:	انرژی
نوع گزارش:	کارشناسی
طبقه‌بندی:	عادی
شناسه:	۱۴۰۵۰۳۱۴۰
تاریخ انتشار:	۱۴۰۵/۰۳/۲۴
تهیه و تدوین:	علیرضا علی‌اکبری
مدیر مطالعه:	میثم فتحی‌محب
ناظر علمی:	سعید نوری‌کرم
اظهار نظر کننده:	افشین غلامعلی‌پور

خلاصه مدیریتی

در جنگ رمضان، صنعت پتروشیمی کشور به عنوان یکی از ارکان اصلی اقتصاد و صادرات ایران، هدف حملات آمریکایی- صهیونیستی قرار گرفت و بخشی از تأسیسات و زیرساخت‌های آن آسیب دید. این صنعت حدود ۳۰ درصد صادرات غیرنفتی و نزدیک به ۷ درصد تولید ناخالص داخلی کشور را به خود اختصاص داده و تأمین مواد اولیه بسیاری از صنایع پایین دستی به عملکرد پایدار آن وابسته است. در این گزارش، ابعاد خسارات وارد شده به صنعت پتروشیمی، پیامدهای عملیاتی و تولیدی ناشی از آن و آثار اقتصادی و صنعتی این خسارات بر زنجیره ارزش و صنایع وابسته بررسی شده است. همچنین سناریوهای بازسازی، اولویت‌های احیای ظرفیت‌های تولیدی و الزامات افزایش تاب‌آوری و کاهش آسیب‌پذیری ساختاری صنعت پتروشیمی مورد تحلیل قرار گرفته است.

آسیب به زیرساخت‌های یوتیلیتی

مجتمع تأمین یوتیلیتی^۱، زیرساخت اصلی بهره‌برداری از ظرفیت‌ها در صنعت پتروشیمی به شمار می‌رود. تأمین سرویس‌ها و خدمات جانبی نظیر برق، بخار، آب صنعتی، آب بدون املاح، نیتروژن، هوای ابزار دقیق، آب آتش‌نشانی و بخشی از خدمات محیط‌زیستی و کنترلی مناطق پتروشیمی از وظایف اصلی این مجتمع‌ها است؛ از این جهت، حمله به مراکز یوتیلیتی در مناطق ماهشهر و عسلویه، تبعاتی فراتر از آسیب فیزیکی تجهیزات و زیرساخت‌ها به همراه دارد و توان بهره‌برداری صنعت پتروشیمی کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در یک مجتمع پتروشیمی، تولید فقط به خوراک و تجهیزات اصلی^۲ فرایندی وابسته نیست؛ بلکه آنچه امکان بهره‌برداری پایدار از تجهیزات را فراهم می‌کند، شبکه یوتیلیتی است. اخلاف در تأمین یوتیلیتی، پیش‌شرط‌های اصلی تولید و عملیات مجتمع‌های پتروشیمی را از بین می‌برد؛ به گونه‌ای که بدون سرویس‌های جانبی، ادامه تولید و حتی توقف ایمن واحدها نیز با مشکل مواجه می‌شود.

با توجه به این که مجتمع‌های فجر ۱ و ۲، دماوند و مبین به عنوان تأمین‌کنندگان اصلی یوتیلیتی در مناطق ماهشهر و عسلویه آسیب دیده‌اند، آثار حمله فقط محدود به مجتمع‌هایی که تحت اصابت مستقیم قرار گرفته‌اند نیست و تبعات آن می‌تواند موجب توقف تولید در تمامی پتروشیمی‌های منطقه، فارغ از میزان آسیب فیزیکی وارد شده به آن‌ها شود. اهمیت این مسئله از آن جهت است که ماهشهر و عسلویه دو خوشه اصلی صنعت

^۱ واحدهای یوتیلیتی با هدف ارائه سرویس‌های جانبی برای پتروشیمی‌ها مانند برق برای تجهیزات دوار و سامانه‌های کنترل، بخار برای تعادل حرارتی و راه‌اندازی خط، آب خنک‌کن برای دفع حرارت، آب دی‌یونیزه و آسمز معکوس برای بویلرها، نیتروژن برای پاکسازی و هوای ابزار دقیق برای عملکرد شیرهای پنوماتیکی احداث و بهره‌برداری می‌شود.

^۲ تجهیزات و ابزارهایی مانند کمپرسورها، پمپ‌ها، مبدل‌ها، برج‌ها، سیستم‌های کنترلی و تجهیزات ایمنی

پتروشیمی کشور هستند و هرگونه اختلال در عملکرد آن‌ها، حدود ۷۵ درصد ظرفیت تولید صنعت پتروشیمی ایران را در معرض توقف یا کاهش تولید قرار می‌دهد. ابعاد این مسئله به‌صورت خلاصه در جدول زیر نشان داده شده است:

شاخص	مقدار / وضعیت
ظرفیت تولید ماهشهر	۲۵.۸ تا ۲۶ میلیون تن در سال
ظرفیت تولید عسلویه / کنگان	۴۶.۳ میلیون تن در سال
مجموع ظرفیت تولید ماهشهر و عسلویه	۷۲.۱ میلیون تن در سال
سهم از کل صنعت در معرض اختلال	حدود ۷۵ درصد
نوع اختلال	توقف یا افت تولید، اختلال در راه‌اندازی و توقف ایمن، مشکل در تأمین خوراک بین‌مجمعی، افزایش ریسک کمبود عرضه در بازار داخلی و وابستگی به واردات

برای فهم عمق مسئله، کافی است به مقیاس ظرفیت یوتیلیتی سه مجتمع فجر، مبین و دماوند توجه شود. به‌عنوان نمونه مجتمع فجر ۱ و ۲ در منطقه ماهشهر دارای ظرفیت تولید برق بیش از ۱۴۰۰ مگاوات است و به شبکه سراسری نیز متصل است؛ این مجتمع ظرفیت تولید حدود ۱۷۹۰ تن بر ساعت بخار نیز دارد. سایر خدمات مجتمع فجر به همراه ظرفیت دو مجتمع یوتیلیتی دیگر که آسیب دیده در جدول زیر نشان داده شده است:

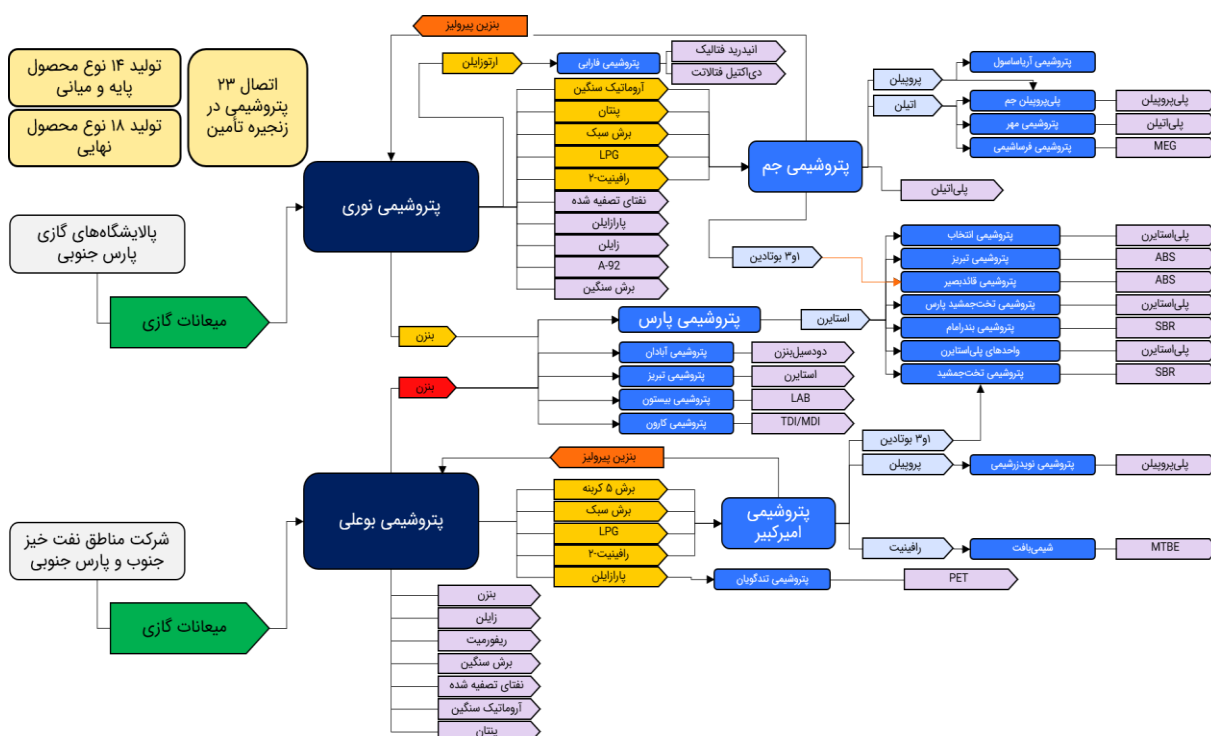
یوتیلیتی	منطقه	برق (مگاوات)	بخار (تن بر ساعت)	سایر خدمات کلیدی
فجر انرژی خلیج فارس	ماهشهر	۱۴۹۵	۱۷۸۸	DM, RO, آب آتش‌نشانی، آب بهداشتی، اکسیژن، نیتروژن، آرگون، هوای ابزار دقیق و تصفیه پساب
مبین انرژی خلیج فارس	عسلویه	۹۸۶	۳۲۱۵	آب خنک‌کن، آب بویلر، آب بدون املاح، نیتروژن، هوای ابزار دقیق و هوای سرویس
دماوند انرژی عسلویه	عسلویه	۶۴۸	۷۸۰	آب، DM, RO، جداسازی هوا، نیتروژن، اکسیژن و هوای ابزار دقیق

بر این اساس، آسیب به یوتیلیتی‌ها را نمی‌توان فقط به‌عنوان آسیب به چند واحد خدماتی تلقی کرد، بلکه این واحدها به‌دلیل نقش محوری خود در تأمین برق، بخار، آب و سایر سرویس‌های حیاتی، به گلوگاه‌های اصلی تداوم تولید در صنعت پتروشیمی تبدیل شده‌اند. بنابراین، هرگونه اختلال در عملکرد آن‌ها می‌تواند آثار گسترده‌ای بر کل زنجیره تولید بر جای گذارد.

اختلال در تأمین خوراک و گلوگاه‌های بالادستی صنعت

بعد دوم مسئله، تأمین پایدار خوراک است. به دلیل آسیب پالایشگاه‌های گازی عسلویه، تأمین گاز متان و میعانات گازی با اختلال مواجه شده است. در میان زنجیره‌های متأثر از این اختلال، نقش میعانات گازی به عنوان یک عامل تشدیدکننده، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ به گونه‌ای که کاهش حدود ۲۰۰ هزار بشکه در روز از تولید آن، زنجیره آروماتیکی و طیف گسترده‌ای از محصولات پایه، میانی و نهایی را نیز تحت فشار قرار می‌دهد.

در این میان، دو مجتمع نوری و بوعلی سینا به عنوان گلوگاه‌های اصلی مصرف و تبدیل میعانات گازی و حلقه اتصال میان بالادست و پایین دست بیش از ۲۰ مجتمع پتروشیمی عمل می‌کند. لذا هرگونه اختلال در این دو نقطه، به سرعت در کل شبکه انتشار یافته و تولید محصولات کلیدی نظیر بنزن، پارازیلن و به تبع آن زنجیره‌هایی مانند استایرن، پلیمرها، PET، PP و PVC را با اختلال مواجه می‌سازد. این ویژگی زنجیره‌ای موجب می‌شود که اثرات مسئله، ماهیتی دومینویی و چندلایه پیدا کند. جریان خوراک میعانات گازی در صنعت پتروشیمی با محوریت پتروشیمی‌های نوری و بوعلی در نمودار زیر نشان داده شده است:



بنابراین، آسیب هم‌زمان به زیرساخت‌های یوتیلیتی و شبکه تأمین خوراک موجب شده است دامنه مسئله از سطح چند مجتمع آسیب دیده فراتر رفته و بخش عمده‌ای از ظرفیت صنعت پتروشیمی کشور را تحت تأثیر قرار دهد. در چنین شرایطی، نحوه و سرعت بازسازی زیرساخت‌ها، تعیین‌کننده ابعاد واقعی بحران در ماه‌ها و سال‌های آینده خواهد بود.

سناریوهای بازسازی صنعت پتروشیمی

با توجه به آسیب‌های وارد شده و نقش گلوگاه‌های یوتیلیتی و خوراک در عملکرد صنعت، بازگشت ظرفیت‌های تولیدی به مدار نیازمند یک فرایند تدریجی و مرحله‌بندی شده خواهد بود. بررسی سناریوهای زمانی نشان می‌دهد که بازگشت صنعت پتروشیمی به شرایط پایدار در سه مقطع زمانی اصلی قابل تحلیل است:

- کوتاه‌مدت (۰ تا ۳ ماه): صنعت با توقف گسترده عملیاتی و افت شدید تولید مواجه شده و اقدامات برای احیای تولید صورت خواهد گرفت.
- میان‌مدت (۳ تا ۱۲ ماه): چالش اصلی به بازسازی نامتوازن شبکه برق و محدودیت در تأمین هم‌زمان خوراک و یوتیلیتی تبدیل می‌شود. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد ظرفیت تولید ۶۰ درصد از بخش آسیب دیده صنعت پتروشیمی در این بازه بازیابی شود.
- بلندمدت (۱۲ تا ۲۴ ماه): انتظار می‌رود بازسازی مجتمع‌ها و زیرساخت‌های آسیب‌دیده تکمیل شده و تولید در بخش عمده صنعت به سطوح نزدیک به ظرفیت اسمی بازگردد. اما تداوم ناپایداری در تأمین خوراک و یوتیلیتی می‌تواند مانع بازگشت کامل تولید به ظرفیت اسمی شده و بخشی از ظرفیت تولید صنعت پتروشیمی را به صورت پایدار از دسترس خارج کند.

نکته کلیدی آن است که اگرچه حدود ۷۵ درصد ظرفیت صنعت در معرض اختلال قرار دارد، اما گستره واقعی مسئله در طول زمان تابع توان بازسازی شبکه‌ای است و فقط به تعمیر واحدهای آسیب‌دیده وابسته نخواهد بود. در واقع تجربه آسیب به مراکز یوتیلیتی نشان می‌دهد که بازسازی زیرساخت‌ها نباید فقط به بازگرداندن شرایط پیش از بحران محدود شود. هرچند یوتیلیتی متمرکز در خوشه‌های پتروشیمی به دلیل صرفه مقیاس، کاهش هزینه سرمایه‌گذاری، مدیریت یکپارچه و تأمین پایدار سرویس‌های حیاتی دارای مزایای قابل توجهی است، اما تمرکز بیش از حد آن در نقاط مشخص، خوشه‌های پتروشیمی را به چند گلوگاه حیاتی وابسته می‌کند و در شرایط حساس، حادثه یا جنگ می‌تواند موجب توقف زنجیره‌ای تولید شود. بنابراین، توسعه یوتیلیتی‌های غیرمتمرکز اما به هم پیوسته، همراه با رعایت اصول پدافند غیرعامل، افزونگی ظرفیت، پراکندگی هوشمند و امکان پشتیبانی متقابل میان واحدها، می‌تواند در دستور کار دوره بازسازی قرار گیرد؛ به گونه‌ای که هر زیرخوشه یا مجموعه‌ای از مجتمع‌ها از حداقل ظرفیت پشتیبان برای تأمین یوتیلیتی‌های حیاتی برخوردار باشد و در عین حال، از طریق شبکه‌های ارتباطی، خطوط تبادل، سامانه‌های کنترل و ظرفیت‌های رزرو متقابل، امکان پشتیبانی اضطراری میان واحدها نیز فراهم شود.

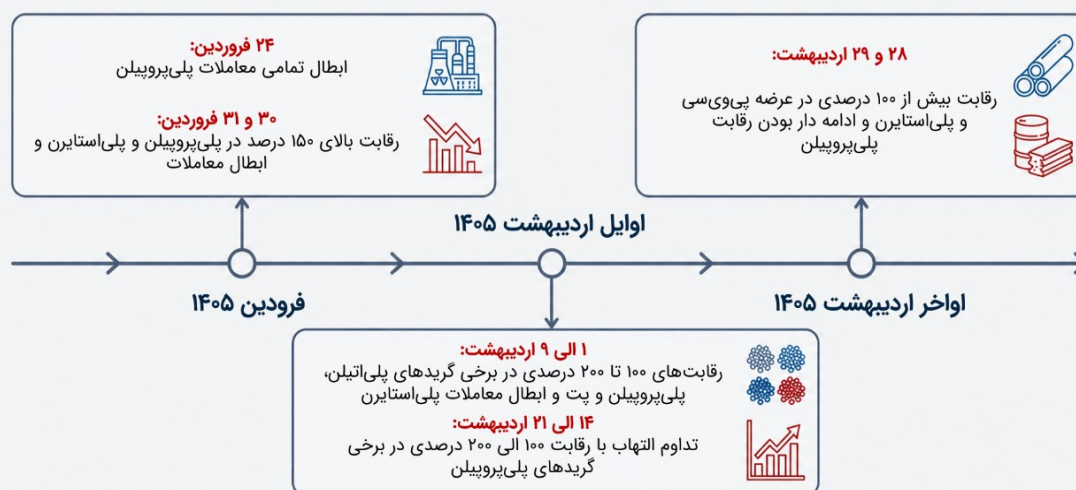
این رویکرد ضمن حفظ بخشی از مزایای مقیاس و هماهنگی خوشه‌ای، تاب‌آوری عملیاتی صنعت را افزایش داده و با رعایت الزامات پدافند غیرعامل، از حمله پراکندگی هوشمند، افزونگی ظرفیت، جداسازی نقاط حیاتی، حفاظت فیزیکی، تعریف مسیرهای جایگزین و مدیریت بحران، ریسک توقف زنجیره‌ای تولید در شرایط حساس را به‌طور معناداری کاهش می‌دهد.

اولویت‌بندی در بازسازی و حفظ زنجیره تأمین

علاوه بر سرعت بازسازی، نحوه تخصیص منابع و اولویت‌بندی بازگشت واحدها به مدار نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در کنترل آثار اقتصادی و صنعتی بحران خواهد داشت. در این راستا، بررسی تبعات حمله از منظر تأمین نیاز صنایع پایین‌دستی، یکی از مهم‌ترین ابعاد این موضوع است.

هم‌اکنون در سمت تقاضا، فشار مضاعفی از سوی صنایع پایین‌دستی شکل گرفته و تمرکز ظرفیت تولید محصولات راهبردی مانند پلی‌اتیلن ترفتالات، پلی‌پروپیلن و پی‌وی‌سی در مناطق آسیب‌دیده موجب خواهد شد که اختلال در این زنجیره‌ها به‌سرعت به کمبود در صنایعی نظیر بسته‌بندی، خودروسازی، نساجی و ساختمان منجر شود؛ به‌ویژه آن‌که پیش از افت تولید فعلی نیز در بازار بخشی از این محصولات، مازاد تقاضا وجود داشته است. در واقع مازاد تقاضا، به سبب توقف یا افت تولید ناشی از آسیب‌ها تشدید شده است و بررسی بازار محصولات پتروشیمی از ابتدای امسال نیز گواه این امر است. همان‌طور که در شکل زیر نشان داده است، پس از حمله به مناطق ماهشهر و عسلویه که به ترتیب در تاریخ ۱۵ و ۱۷ فروردین ماه ۱۴۰۵ انجام شد، درصدهای بالایی برای رقابت خرید محصولات اولویت‌دار به ثبت رسید که لزوم مدیریت بازار و پاسخگویی به نیاز صنایع پایین‌دستی به این محصولات را بیش از پیش پررنگ کرده است.

رقابت خرید محصولات پتروشیمی اولویت‌دار در بورس کالا پس از آسیب مناطق ماهشهر و عسلویه



اهمیت این موضوع با توجه به نقش بیش از ۱۵ هزار بنگاه و صدها هزار شاغل در صنایع پایین‌دستی، ابعاد اقتصادی و اجتماعی بحران را برجسته‌تر می‌کند. بر این اساس، بازگشت واحدها به مدار، به‌ویژه در کوتاه‌مدت و میان‌مدت، باید بر مبنای اثر آن‌ها بر زنجیره ارزش و نیاز بازار داخلی انجام شود؛ بنابراین در تخصیص برق و سایر منابع محدود، احیای واحدهای تولیدکننده محصولات راهبردی مانند پلی‌اتیلن ترفتالات، پلی‌پروپیلن و پی‌وی‌سی باید در اولویت قرار گیرد و به‌طور هم‌زمان، پیاده‌سازی راهکارهایی مانند «اصلاح فرایند تخصیص سهمیه بهین‌یاب، واردات هدفمند و ایجاد ذخایر راهبردی» در کنار برنامه‌ریزی برای بازسازی واحدها ضروری است.

در مجموع باید گفت که ماهیت متمرکز و به‌هم‌پیوسته صنعت پتروشیمی ایران، سبب افزایش ظرفیت متأثر از آسیب شده است. بنابراین، پاسخ به این مسئله نیز باید فراتر از اقدامات موضعی بوده و بر احیای شبکه‌ای، مدیریت هوشمند گلوگاه‌ها و کاهش آسیب‌پذیری ساختاری متمرکز شود. در عین حال، شرایط فعلی، فرصتی کم‌سابقه برای انجام اصلاحات بنیادین در نظام تأمین، توزیع و تاب‌آوری صنعت پتروشیمی فراهم کرده است؛ اصلاحاتی که در صورت اجرای صحیح، می‌تواند نه‌تنها مسیر عبور از بحران را هموار کند، بلکه بنیان‌های پایداری برای توسعه صنعت پتروشیمی کشور ایجاد نماید.^۳

^۳ شایان ذکر است که به دلیل حساسیت و محرمانگی برخی از داده‌های استفاده شده در این گزارش، نسخه کامل با طبقه‌بندی محرمانه منتشر شده است.

فهرست مطالب

مقدمه.....	۱۱
فصل ۱. جایگاه راهبردی دو قطب پتروشیمی ایران: ماهشهر و عسلویه.....	۱۲
۱-۱ نقش منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی (ماهشهر) در زنجیره تأمین صنعت پتروشیمی ایران.....	۱۳
۲-۱ نقش منطقه انرژی پارس (عسلویه/ کنگان) در زنجیره تأمین صنعت پتروشیمی ایران.....	۱۵
۱-۲-۱ عسلویه به عنوان قطب اصلی متانول و اوره.....	۱۶
۲-۲-۱ زنجیره الفین و پلیمرها در عسلویه.....	۱۶
۳-۲-۱ زنجیره گلایکول ها و پلی استایرن در عسلویه.....	۱۷
۴-۲-۱ زنجیره آروماتیک ها در عسلویه.....	۱۷
فصل ۲. معماری یوتیلیتی متمرکز در صنعت پتروشیمی.....	۱۹
۱-۲ خدمات اصلی یوتیلیتی مرکزی.....	۱۹
فصل ۳. بررسی حمله به منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی (ماهشهر).....	۲۴
۱-۳ نقش مجتمع فجر انرژی خلیج فارس در منطقه.....	۲۴
۲-۳ مجتمع های وابسته به فجر در ماهشهر.....	۲۶
۱-۲-۳ واحدهای میان دستی و خوراک بین مجتمعی متأثر از اختلال.....	۲۷
۲-۲-۳ کاهش عرضه محصولات نهایی بر اثر اختلال ماهشهر.....	۳۰
۳-۲-۳ برآورد میزان افت ظرفیت تولید در ماهشهر.....	۳۲
۴-۲-۳ برآورد زمان بازگشت مجتمع ها به مدار تولید در منطقه ماهشهر.....	۳۴
فصل ۴. بررسی حمله به منطقه انرژی پارس (عسلویه/ کنگان).....	۳۷
۱-۴ نقش مجتمع مبین انرژی خلیج فارس در منطقه.....	۳۷
۲-۴ نقش مجتمع دماوند انرژی عسلویه در منطقه.....	۳۹
۳-۴ مجتمع های وابسته به مبین و دماوند در عسلویه/ کنگان.....	۴۲
۱-۳-۴ واحدهای بالادستی و خوراک بین مجتمعی متأثر از اختلال در منطقه عسلویه/ کنگان.....	۴۴
۲-۳-۴ محصولات نهایی متأثر از اختلال در عسلویه.....	۴۷
۳-۳-۴ برآورد میزان افت ظرفیت تولید در عسلویه.....	۴۹
۴-۴ برآورد زمان بازگشت مجتمع ها به مدار تولید در منطقه عسلویه/ کنگان.....	۵۱
فصل ۵. تحلیل شبکه ای اثر دومینویی اختلال یوتیلیتی.....	۵۲
۱-۵ توقف واحدهای دارای وابستگی مستقیم.....	۵۲
۲-۵ توقف واحدهای تولیدکننده خوراک بین مجتمعی.....	۵۲

۵۳.....	۳-۵ اختلال در راهاندازی مجدد، توقف ایمن و پایداری سایت
۵۳.....	۴-۵ اختلال در خدمات ایمنی، آتش‌نشانی و محیط‌زیست
۵۵.....	فصل ۶. نقش میعانات گازی در تشدید اثر حمله به مناطق پتروشیمی
۵۵.....	۱-۶ جایگاه پتروشیمی‌های نوری و بوعلی در مصرف میعانات گازی
۵۶.....	۲-۶ اتصال زنجیره میعانات گازی به سایر مجتمع‌های پتروشیمی
۵۸.....	۱-۲-۶ پیامد اختلال ماهشهر و عسلویه بر زنجیره ارزش میعانات گازی
۵۹.....	فصل ۷. برآورد میزان ازکار افتادگی صنعت پتروشیمی کشور
۵۹.....	۱-۷ سناریوی کوتاه‌مدت: ۰ تا ۳ ماه
۶۰.....	۲-۷ سناریوی میان‌مدت: ۳ تا ۱۲ ماه
۶۰.....	۳-۷ سناریوی بلندمدت: ۱۲ تا ۲۴ ماه
۶۳.....	فصل ۸. مدیریت تأمین محصولات صنعت پتروشیمی در شرایط حساس
۶۴.....	۱-۸ محصولات وارداتی راهبردی و آسیب‌پذیری آن‌ها در شرایط جنگ
۶۵.....	۲-۸ محصولات داخلی در معرض کمبود ناشی از افت تولید
۶۶.....	۱-۲-۸ پلی اتیلن ترفتالات
۶۷.....	۲-۲-۸ پلی پروپیلن
۶۹.....	۳-۲-۸ پلی‌وینیل کلراید
۷۰.....	۳-۸ تخصیص برق و یوتیلیتی بر اساس زنجیره ارزش
۷۱.....	۴-۸ واردات هدفمند و اصلاح مدل عرضه برای عبور از شوک کوتاه‌مدت
۷۲.....	فصل ۹. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری
۷۴.....	۱-۹ راهبرد کوتاه‌مدت؛ تثبیت اضطراری و جلوگیری از سرایت بحران
۷۶.....	۲-۹ راهبرد بلندمدت؛ بازطراحی تاب‌آور صنعت و کاهش نقاط شکست حیاتی
۷۷.....	۳-۹ الزامات نهادی، مالی و اجرایی
۷۹.....	منابع

فهرست جداول

۱۵.....	جدول ۱. مهم‌ترین محصولات پتروشیمی متأثر شده از کاهش ظرفیت تولید در منطقه ماهشهر
۱۸.....	جدول ۲. مهم‌ترین محصولات پتروشیمی متأثر شده از کاهش ظرفیت تولید در منطقه عسلویه و کنگان
۲۲.....	جدول ۳. خدمات اصلی یوتیلیتی متمرکز و کارکرد آن‌ها در صنعت پتروشیمی
۲۵.....	جدول ۴. ظرفیت خدمات یوتیلیتی مجتمع فجر انرژی خلیج فارس

- جدول ۵. مهم‌ترین واحدهای تولیدکننده خوراک بین‌مجتمعی و زنجیره‌های متأثر از اختلال در ماهشهر..... ۲۹
- جدول ۶. مجتمع‌های اصلی تولیدکننده هر گروه محصول در منطقه ماهشهر..... ۳۲
- جدول ۷. برآورد افت ظرفیت شوک اولیه در مجتمع‌های اصلی ماهشهر..... ۳۴
- جدول ۸. تخمین کارشناسی سرعت بازگشت مجتمع‌های ماهشهر به مدار تولید..... ۳۵
- جدول ۹. ظرفیت مجتمع تأمین یوتیلیتی مبین انرژی خلیج فارس..... ۳۷
- جدول ۱۰. جایگاه عملیاتی مبین انرژی خلیج فارس در منطقه عسلویه..... ۳۹
- جدول ۱۱. ظرفیت‌های اصلی مجتمع یوتیلیتی دماوند انرژی عسلویه..... ۴۰
- جدول ۱۲. جایگاه عملیاتی مجتمع دماوند انرژی عسلویه در منطقه انرژی پارس..... ۴۱
- جدول ۱۳. مهم‌ترین واحدهای بالادستی و تولیدکننده خوراک متأثر از اختلال در منطقه عسلویه/کنگان..... ۴۵
- جدول ۱۴. مجتمع‌های اصلی مرتبط با هر زنجیره در منطقه عسلویه..... ۴۹
- جدول ۱۵. تخمین کارشناسی سرعت بازگشت مجتمع‌های عسلویه/کنگان..... ۵۱
- جدول ۱۶. چهار لایه اصلی اثر دومینویی اختلال تأمین یوتیلیتی..... ۵۴
- جدول ۱۷. محصولات پتروشیمی‌های نوری و بوعلی و ظرفیت تولید سالانه آن‌ها..... ۵۵
- جدول ۱۸. گره‌های اصلی زنجیره میعانات گازی در صنعت پتروشیمی کشور..... ۵۷
- جدول ۱۹. سناریو بندی زمانی اختلال صنعت پتروشیمی کشور..... ۶۱
- جدول ۲۰. آمار معاملات سال گذشته محصولات اولویت‌دار تولید داخل در بورس کالا..... ۶۶
- جدول ۲۱. آمار معاملات پلی‌اتیلن ترفتالات در بورس کالا طی سال ۱۴۰۴..... ۶۷
- جدول ۲۲. آمار معاملات پلی‌پروپیلن در بورس کالا طی سال ۱۴۰۴..... ۶۸
- جدول ۲۳. آمار معاملات پلی‌وینیل کلراید در بورس کالا طی سال ۱۴۰۴..... ۶۹

فهرست اشکال

- شکل ۱. سرایت اختلال از واحدهای تأمین یوتیلیتی به کل زنجیره در منطقه عسلویه/کنگان..... ۴۷

فهرست نمودارها

- نمودار ۱. وضعیت تولید در مناطق پتروشیمی کشور..... ۱۲
- نمودار ۲. جریان خوراک میعانات گازی در صنعت پتروشیمی..... ۵۷

مقدمه

منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی (ماهشهر) و منطقه انرژی پارس (عسلویه/ کنگان) ۷۵ درصد از ظرفیت اسمی صنعت پتروشیمی کشور را در خود جای داده‌اند و این موضوع اهمیت ارزیابی آسیب‌های ناشی از حمله دشمن به این دو منطقه را دو چندان می‌کند.

در حملات آمریکایی- صهیونیستی به دلیل آسیب به واحدهای مرکزی تأمین یوتیلیتی در این دو منطقه، یعنی مجتمع فجر ۱ و ۲ در منطقه ماهشهر و مجتمع‌های دماوند انرژی عسلویه و مبین انرژی خلیج فارس در منطقه عسلویه، تولید در سرتاسر این دو منطقه متوقف شده است؛ چراکه واحدهای تأمین یوتیلیتی خدمات پایه و حیاتی نظیر برق، بخار، آب صنعتی، آب خنک‌کن، آب DM و RO، نیتروژن، هوای ابزار دقیق، آب آتش‌نشانی و تصفیه پساب را در اختیار مجتمع‌ها قرار می‌دهد که بدون آن‌ها ادامه بهره‌برداری ممکن نیست.

عدم‌النفع ناشی از کاهش صادرات و بی‌پاسخ ماندن نیاز صنایع پایین‌دستی کشور به محصولات پتروشیمی، دو بعد اصلی از تبعات حمله به این دو منطقه است و نیاز است تا پس از ارزیابی آسیب‌های وارد شده، برنامه‌ریزی مناسب به‌منظور بازگشت پتروشیمی‌های این دو منطقه به مدار تولید، تدوین و پیاده‌سازی شود.

در گزارش پیش رو با بررسی دقیق ظرفیت‌های آسیب دیده و خسارت‌های وارده، پیش‌بینی میزان کمبود احتمالی محصولات پتروشیمی و تحلیل تبعات آسیب‌ها بر زنجیره تأمین محصولات راهبردی، وضع موجود به‌طور شفاف تشریح شده است. همچنین برآورد میزان از کار افتادگی صنعت پتروشیمی و راهکارهای پیشنهادی مبتنی بر سناریوهای کوتاه، میان و بلند مدت ارائه شده است.

فصل ۱. جایگاه راهبردی دو قطب پتروشیمی ایران: ماهشهر و عسلویه

دو منطقه ماهشهر و عسلویه/کنگان، اصلی‌ترین کانون‌های جغرافیایی صنعت پتروشیمی ایران را تشکیل می‌دهند. ظرفیت ثبت‌شده برای ماهشهر حدود ۲۵.۸ تا ۲۶ میلیون تن در سال و برای عسلویه/کنگان حدود ۴۶.۳ میلیون تن در سال است. بر این اساس، مجموع ظرفیت این دو منطقه به حدود ۷۲.۱ میلیون تن در سال می‌رسد. با توجه به ظرفیت تولید حدود ۹۶.۴ میلیون تنی صنعت پتروشیمی، این رقم معادل ۷۵ درصد ظرفیت صنعت پتروشیمی کشور است. این تمرکز بالا، آن‌ها را به دو گلوگاه راهبردی و در عین حال آسیب‌پذیر تبدیل کرده است. از منظر میزان تولید نیز این دو منطقه با تولید ۵۷.۴ میلیون تنی بیش از ۷۵ درصد تولید صنعت پتروشیمی کشور را در اختیار دارند. تفکیک ظرفیت و سهم هر یک از مناطق صنعت پتروشیمی در نمودار ۱ نشان داده شده است.



نمودار ۱. وضعیت تولید در مناطق پتروشیمی کشور

از منظر ساختار صنعتی، این تمرکز به این معنا است که بخش عمده ظرفیت متانول، اوره، اتیلن، پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، آروماتیک‌ها، گلاکول‌ها، PVC، PET، متیل ترشری بوتیل اتر^۴، لاستیک‌های مصنوعی و بخشی از محصولات شیمیایی خاص در همین دو منطقه قرار گرفته است. بنابراین مسئله فقط بزرگی عدد ظرفیت نیست، بلکه این است که سبد مهمی از محصولات پایه، میانی و نهایی در همین دو هاب تولید شده و سهم بالای آن‌ها از کل تولید صنعت، با تنوع بالای محصولات نیز همراه شده است. به همین دلیل، اختلال در این دو منطقه می‌تواند هم‌زمان تاب‌آوری چندین زنجیره مهم را تحت تأثیر قرار دهد.

^۴ Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE)

در عین حال، میان «سهم از ظرفیت کل صنعت» و «میزان افت واقعی تولید در عمل» باید تفکیک قائل شد. برآورد موجود نشان می‌دهد که اگرچه حدود ۷۵ درصد ظرفیت صنعت در این دو منطقه قرار دارد، اما اثر واقعی اختلال در سطح کل صنعت ممکن است در شرایط عملیاتی در بازه ۵۰ تا ۶۰ درصد ظاهر شود. علت این تفاوت آن است که همه ظرفیت اسمی به‌طور هم‌زمان به تولید واقعی تبدیل نمی‌شود، بخشی از واحدها ممکن است پس از مدتی بازیابی شوند و برخی محصولات یا واحدها نیز ممکن است با افت تولید یا با استفاده از زیرساخت‌های پشتیبان محدود به فعالیت ادامه دهند.

۱-۱- نقش منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی (ماهشهر) در زنجیره تأمین صنعت پتروشیمی ایران

منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر یکی از مهم‌ترین کانون‌های صنعت پتروشیمی ایران است که در ساحل خلیج فارس و در محدوده بندر امام خمینی (ره) قرار دارد. ظرفیت تولید این منطقه حدود ۲۵.۸ تا ۲۶ میلیون تن در سال است و به همین دلیل، ماهشهر را باید یکی از دو مرکز اصلی پتروشیمی کشور دانست. اهمیت این منطقه فقط به حجم تولید محدود نیست، بلکه به جایگاه آن در پیوند میان واحدهای بالادستی، میاندستی و پایین‌دستی بازمی‌گردد؛ به‌گونه‌ای که اختلال در آن، تنها یک یا دو محصول خاص را متأثر نمی‌کند بلکه چندین زنجیره اصلی پتروشیمی کشور را هم‌زمان دچار مشکل می‌سازد.

ماهشهر از منظر ساختار تولید، منطقه‌ای با تنوع بالای محصول است. در این منطقه زنجیره‌ها و واحدهای تولید محصولاتی مانند متانول، آروماتیک‌ها، الفین و پلیمرهایی مثل پلی‌وینیل کلراید، پلی‌استر، پلی‌اتیلن ترفتالات، لاستیک‌های مصنوعی و همچنین ایزوسیانات‌ها، اسید استیک، متیل ترشری بوتیل اتر^۵ (متیل ترشیو بوتیل اتر) و بخشی دیگر از محصولات شیمیایی پایه در کنار یکدیگر مستقر شده‌اند. همین تنوع باعث شده است که ماهشهر نه فقط محل تولید محصول نهایی، بلکه یک گلوگاه حیاتی در شبکه تأمین خوراک و محصولات میانی صنعت پتروشیمی ایران باشد.

در زنجیره الفین و پلیمرها، مجتمع‌هایی مانند مارون، امیرکبیر، بندر امام، لاله، رجال و نویدزرشیمی نقش مهمی دارند. این مجموعه‌ها، ماهشهر را به یکی از مراکز اصلی تولید پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن کشور تبدیل کرده است. برآورد افت ظرفیت در صورت اختلال گسترده و عدم تأمین خوراک جایگزین در این منطقه نشان می‌دهد که حدود ۱.۵۵ میلیون تن از ظرفیت پلی‌اتیلن و ۶۴۰ هزار تن از ظرفیت پلی‌پروپیلن در سال از ظرفیت کل صنعت پتروشیمی کاسته می‌شود. این موضوع به‌طور مستقیم بر زنجیره بسته‌بندی، فیلم، لوله، قطعات پلاستیکی، محصولات تزریقی و بسیاری از کاربردهای صنعتی و مصرفی اثر می‌گذارد.

⁵ Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE)

ماهشهر از مناطق مهم تولید پی‌وی‌سی کشور است. حضور پتروشیمی‌های غدیر، اروند و بندر امام باعث شده ظرفیت بزرگی از تولید PVC در این منطقه متمرکز شود. فقط در همین سه مجتمع، ظرفیت ثبت‌شده شامل ۱۲۰ هزار تن PVC در غدیر، ۳۰۰ هزار تن S-PVC و ۴۰ هزار تن E-PVC در اروند و ۱۷۵ هزار تن PVC در بندر امام است؛ یعنی در مجموع حدود ۶۳۵ هزار تن ظرفیت PVC در منطقه وجود دارد. این تمرکز، جایگاه ماهشهر را در تأمین مواد اولیه لوله، اتصالات، پروفیل، کفپوش، کابل و بخشی از صنایع ساختمانی و صنعتی کشور بسیار پررنگ کرده است.

در زنجیره پلی‌استر، پلی اتیلن ترفتالات و گلایکول‌ها نیز ماهشهر نقشی محوری دارد. پتروشیمی تندگویان با ظرفیت ۳۳۵.۹ هزار تن پت بطری، ۲۳۵ هزار تن پت نساجی، ۱۵۸.۴ هزار تن پت الیاف مذاب و ۱۵۸.۴ هزار تن پت چیپس به همراه مارون با ظرفیت ۴۰۰ هزار تن منو اتیلن گلایکول^۶ و ۴۰ هزار تن دی اتیلن گلایکول^۷، این منطقه را به یکی از قطب‌های اصلی این زنجیره تبدیل کرده‌اند. اختلال در این بخش، بازار بطری، صنعت بسته‌بندی، الیاف، منسوجات و رزین‌های پلی‌استری را به‌طور مستقیم تحت فشار قرار می‌دهد. مجموع افت ظرفیت پتروشیمی شهید تندگویان حدود ۸۸۷.۷ هزار تن و افت ظرفیت MEG و DEG حدود ۴۴۰ هزار تن در سال برآورد می‌شود.

در زنجیره آروماتیک‌ها نیز ماهشهر جایگاه مهمی دارد. بوعلی سینا و بندر امام از گلوگاه‌های کلیدی این بخش هستند. بوعلی سینا دارای ظرفیت ۱۷۹ هزار تن بنزن، ۴۰۰ هزار تن پارازایلن، ۳۰ هزار تن ارتوزایلن، ۱۹۹ هزار تن رافینیت، ۳۹ هزار تن گاز مایع، ۲۱ هزار تن پنتان، ۳۵۰ هزار تن برش سبک و نزدیک به ۵۰۰ هزار تن برش سنگین است. بندر امام نیز در همین زنجیره، ۲۳۰ هزار تن بنزن، ۱۸۰ هزار تن پارازایلن و ۶۶۱ هزار تن رافینیت تولید می‌کند. این ظرفیت‌ها نشان می‌دهد که ماهشهر فقط محل تولید پلیمرها نیست؛ بلکه یکی از کانون‌های اصلی تولید و توزیع مواد آروماتیکی و زنجیره‌های میانی پتروشیمی نیز به شمار می‌رود.

در زنجیره محصولات شیمیایی، باز هم نقش منطقه ماهشهر برجسته است. پتروشیمی کارون با ظرفیت ۴۰ هزار تن تولوئن دی ایزوسیانات و ۴۰ هزار تن متیل دی فنیل دی ایزوسیانات یکی از حلقه‌های مهم زنجیره پلی‌یورتان در کشور است. بندر امام و شیمی‌بافت نیز با مجموع ظرفیت ۵۹۰ هزار تن متیل ترشری بوتیل اتر نقش مهمی در تولید این ماده دارند. در کنار این‌ها، حضور بندر امام و تخت‌جمشید در زنجیره لاستیک‌های مصنوعی و نیز حضور پتروشیمی خوزستان در تولید پلی‌کربنات و رزین‌های اپوکسی، نشان می‌دهد که ماهشهر در حوزه مواد تخصصی و محصولات با ارزش افزوده بالاتر نیز سهم قابل توجهی دارد.

^۶ MEG^۷ DEG

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های ماهشهر، ساختار بین‌مجتمعی آن است. در این منطقه جریان‌هایی مانند اتیلن، پروپیلن، بوتادین، بنزن، پارازیلن، استایرن، متانول، MEG، رافینیت، گاز مایع و کلر میان مجتمع‌ها مبادله می‌شود. به همین دلیل، ماهشهر فقط یک مجموعه از مجتمع‌های کنار هم نیست، بلکه یک شبکه درهم‌تنیده تولید، تبادل خوراک و تبدیل محصول است. این ساختار باعث می‌شود اختلال در یک بخش از منطقه، خیلی سریع به بخش‌های دیگر سرایت کند و آثار آن از سطح یک مجتمع فراتر رود.

بررسی بازار داخلی محصولات پتروشیمی نشان می‌دهد که بازار محصولاتی مانند پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌وینیل کلراید، پلی‌اتیلن ترفتالات، انواع لاستیک، منو اتیلن گلیکول و دی اتیلن گلیکول بیشترین تأثیر را از توقف تولید خواهند گرفت و تأمین این محصولات در اولویت اول بازار محصولات پتروشیمی قرار می‌گیرد.

ظرفیت منطقه ماهشهر برای تولید این محصولات در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. مهم‌ترین محصولات پتروشیمی متأثر شده از کاهش ظرفیت تولید در منطقه ماهشهر

ردیف	محصول	میزان کاهش ظرفیت (تن در سال)
۱	پلی‌پروپیلن	۶۴۰,۰۰۰
۲	PVC	۶۳۵,۰۰۰
۳	منو و دی اتیلن گلیکول (MEG&DEG)	۴۴۰,۰۰۰
۴	پلی‌اتیلن ترفتالات	۸۸۷,۷۰۰
۵	لاستیک (SBR/ PBR)	۱۳۲,۰۰۰
۶	پلی‌اتیلن	۱,۵۵۰,۰۰۰

۱-۲- نقش منطقه انرژی پارس (عسلویه / کنگان) در زنجیره تأمین صنعت پتروشیمی ایران

منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس در عسلویه و کنگان، مهم‌ترین منطقه گازپایه پتروشیمی ایران است. این منطقه در جنوب شرقی استان بوشهر و در مجاورت میدان گازی پارس جنوبی قرار دارد و به واسطه نزدیکی به بزرگ‌ترین منبع گاز کشور، به کانون اصلی توسعه زنجیره‌های متانول، اوره، الفین‌ها، پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، آروماتیک‌ها و گلیکول‌ها تبدیل شده است. در داده‌های موجود، ظرفیت این منطقه حدود ۴۶.۳ میلیون تن در سال ثبت شده که شامل حدود ۳۳.۸ میلیون تن ظرفیت بالادستی، ۸.۶ میلیون تن ظرفیت میاندستی و ۶۰۰ هزار تن ظرفیت پایین‌دستی است.

اهمیت منطقه عسلویه فقط در حجم تولید آن نیست، بلکه در این است که این منطقه بخش عمده خوراک گازی کشور را به محصولات پایه و میانی پتروشیمی تبدیل می‌کند. تمرکز واحدهای متانول، اوره، الفین و آروماتیک در این منطقه باعث شده عسلویه هم‌زمان بر بازار داخلی مواد پایه شیمیایی و بر درآمد صادراتی

صنعت پتروشیمی اثر تعیین کننده داشته باشد. بنابراین، هرگونه اختلال در این منطقه، همزمان بر زنجیره‌های تولید داخلی، صادرات محصولات پتروشیمی و خوراک‌رسانی به برخی واحدهای دیگر اثر می‌گذارد.

۱-۲-۱- عسلویه به عنوان قطب اصلی متانول و اوره

یکی از مهم‌ترین نقش‌های عسلویه/ کنگان، جایگاه آن در زنجیره متانول و اوره است. در این منطقه، پتروشیمی‌های زاگرس، سبلان، مرجان، کیمیای پارس خاورمیانه و بوشهر از تولیدکنندگان اصلی متانول هستند. ظرفیت‌های ثبت شده شامل ۳.۳ میلیون تن متانول در زاگرس، ۱.۶۵ میلیون تن در سبلان، ۱.۶۵ میلیون تن در مرجان، ۱.۶۵ میلیون تن در کیمیای پارس خاورمیانه و ۱.۶۵ میلیون تن در بوشهر است. به این ترتیب، فقط در همین چند مجتمع، بیش از ۹.۹ میلیون تن ظرفیت متانول در این منطقه متمرکز شده است. این تمرکز نشان می‌دهد که عسلویه محور اصلی صادرات متانول ایران و یکی از مهم‌ترین منابع ارزآوری پتروشیمی کشور است.

در زنجیره اوره نیز عسلویه نقشی کاملاً راهبردی دارد. پتروشیمی پردیس با ظرفیت ۳.۲۲۵ میلیون تن اوره در سال در این منطقه قرار دارد و به همراه تولید آمونیاک و واحدهای وابسته، یکی از حلقه‌های کلیدی زنجیره کود و محصولات نیتروژنی کشور را تشکیل می‌دهد. بنابراین، اختلال در عسلویه می‌تواند به معنای آسیب به بخشی از زنجیره امنیت غذایی و صادرات کود شیمیایی کشور نیز به شمار رود.

۱-۲-۲- زنجیره الفین و پلیمرها در عسلویه

عسلویه در زنجیره الفین و پلیمرها نیز جایگاه بسیار مهمی دارد. در این منطقه، کاویان با ظرفیت ۲ میلیون تن اتیلن یکی از اصلی‌ترین تولیدکنندگان اتیلن کشور است و نقش آن در تأمین خوراک برخی واحدهای پلیمری و میانی بسیار تعیین کننده است. در ادامه این زنجیره، مجتمع‌هایی مانند آریاساسول، جم، مهر و پلی پروپیلن جم قرار دارند. آریاساسول دارای ظرفیت ۳۰۰ هزار تن پلی اتیلن سنگین و متوسط و ۳۰۰ هزار تن پلی اتیلن سبک است. جم دارای ظرفیت ۳۰۰ هزار تن پلی اتیلن سنگین و ۳۰۰ هزار تن پلی اتیلن سبک خطی است. مهر نیز ۳۰۰ هزار تن پلی اتیلن سنگین تولید می‌کند و پلی پروپیلن جم دارای ظرفیت ۳۰۰ هزار تن پلی پروپیلن است. این تمرکز باعث شده عسلویه یکی از هاب‌های اصلی تولید پلی الفین کشور باشد.

برآورد افت ظرفیت در صورت اختلال گسترده در این منطقه نیز همین جایگاه را تأیید می‌کند. در داده‌های موجود، کاهش ظرفیت حدود ۱.۵ میلیون تن پلی اتیلن و ۳۰۰ هزار تن پلی پروپیلن برای عسلویه ثبت شده است. این ارقام نشان می‌دهد که عسلویه یکی از ستون‌های اصلی تأمین مواد اولیه برای بسته‌بندی، لوله، فیلم، قطعات پلاستیکی، محصولات تزریقی و بسیاری از کاربردهای صنعتی و مصرفی در کشور است.

۱-۲-۳- زنجیره گلایکول‌ها و پلی‌استایرن در عسلویه

در زنجیره گلایکول‌ها، عسلویه یکی از مناطق بسیار مهم کشور است. فرسایشی با ظرفیت ۴۰۰ هزار تن MEG و ۴۰ هزار تن DEG و مروارید و پارس گلایکول هر کدام با ظرفیت ۵۰۰ هزار تن MEG و ۵۰ هزار تن DEG در این منطقه مستقر هستند. افت ظرفیت ثبت شده برای این زنجیره در سناریوی اختلال، حدود ۹۹۰ هزار تن MEG و DEG در سال است که اثر مستقیمی بر زنجیره پلی‌استر، رزین‌ها، الیاف و بسته‌بندی دارد.

در زنجیره استایرن و پلی‌استایرن نیز عسلویه جایگاه مهمی دارد. پتروشیمی پارس با ظرفیت ۶۰۰ هزار تن استایرن منومر یکی از واحدهای اصلی این زنجیره است. در ادامه، مجتمع‌هایی مانند انتخاب با ظرفیت ۲۵۰ هزار تن پلی‌استایرن انبساطی، تخت‌جمشید عسلویه با ظرفیت ۶۵ هزار تن پلی‌استایرن معمولی و دالاهو با ظرفیت ۱۲۰ هزار تن پلی‌استایرن در این منطقه قرار دارند. برآورد کاهش ظرفیت این زنجیره در صورت اختلال عسلویه حدود ۹۱۵ هزار تن استایرن منومر و پلی‌استایرن در سال است. این زنجیره در بسیاری از صنایع پایین‌دستی از جمله بسته‌بندی، لوازم خانگی، قطعات صنعتی و مواد عایق نقش مهمی دارد.

۱-۲-۴- زنجیره آروماتیک‌ها در عسلویه

در زنجیره آروماتیک‌ها نیز عسلویه یکی از گلوگاه‌های مهم صنعت پتروشیمی ایران است. پتروشیمی نوری در این منطقه دارای ظرفیت ۴۳۰ هزار تن بنزن، ۷۵۰ هزار تن پارازیلن، ۳۸۰ هزار تن رافینیت، ۲ میلیون تن برش سنگین، ۶۸۰ هزار تن برش سبک، ۷۶ هزار تن گاز مایع و ۲۱ هزار تن پنتان در سال است. این ارقام نشان می‌دهد که عسلویه فقط محل تولید محصولات گازپایه نیست، بلکه در تبدیل برخی خوراک‌های مایع و میعانات نیز نقشی کلیدی دارد. اهمیت پتروشیمی نوری در این است که بخشی از مواد آروماتیکی و جریان‌های میانی را برای زنجیره‌های پایین‌دستی کشور فراهم می‌کند و از این جهت، اختلال در آن فراتر از یک واحد منفرد، بر زنجیره‌های وابسته نیز اثر می‌گذارد.

با توجه به موارد فوق، باید گفت که عسلویه فقط محل تمرکز چند مجتمع بزرگ نیست، بلکه شبکه‌ای مهم در صنعت پتروشیمی ایران است. در این منطقه، جریان‌هایی مانند اتان، اتیلن، پروپان، بوتان، پروپیلن، بنزن، پارازیلن، پنتان، استایرن، MEG، DEG، LPG و گاز طبیعی میان مجتمع‌ها، پالایشگاه‌های گازی و شبکه‌های انتقال در جریان است. این ساختار باعث می‌شود عسلویه هم محل تولید محصول نهایی باشد و هم به عنوان محل تبادل خوراک و مواد واسطه شناخته شود. بنابراین اختلال در این منطقه، تنها به افت ظرفیت تولید مجتمع‌های داخل عسلویه محدود نمی‌شود، بلکه بخشی از زنجیره‌های متصل به آن را نیز دچار اختلال می‌کند.

با توجه به آسیب جدی وارد شده به واحدهای دماوند انرژی عسلویه و مبین انرژی خلیج فارس که وظیفه تأمین یوتیلیتی در منطقه را دارند، عملاً تمام تولید این منطقه فارغ از آسیب یا عدم آسیب مجتمع‌ها متوقف خواهد شد و بازگشت به مدار تولید پتروشیمی‌های آسیب‌دیده نیازمند زمان بیشتری خواهد بود.

بررسی بازار داخلی محصولات پتروشیمی نشان می‌دهد که بازار محصولاتی مانند پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌استایرن، منو اتیلن گلایکول و دی اتیلن گلایکول بیش‌ترین تأثیر را از توقف تولید خواهند گرفت و تأمین این محصولات در اولویت اول بازار محصولات پتروشیمی قرار می‌گیرد.

ظرفیت منطقه انرژی پارس برای تولید این محصولات در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. مهم‌ترین محصولات پتروشیمی متأثر شده از کاهش ظرفیت تولید در منطقه عسلویه و کنگان

ردیف	محصول	میزان کاهش ظرفیت (تن در سال)
۱	پلی‌اتیلن	۱,۵۰۰,۰۰۰
۲	استایرن منومر و پلی‌استایرن	۹۱۵,۰۰۰
۳	منو و دی اتیلن گلایکول (MEG&DEG)	۹۹۰,۰۰۰
۴	پلی‌پروپیلن	۳۰۰,۰۰۰

فصل ۲. معماری یوتیلیتی متمرکز در صنعت پتروشیمی

یوتیلیتی متمرکز در صنعت پتروشیمی به مجموعه‌ای از زیرساخت‌ها و خدمات عملیاتی گفته می‌شود که به‌جای آن که هر مجتمع به‌صورت مستقل آن‌ها را تولید و مدیریت کند، در یک یا چند منطقه مرکزی تولید شده و به چندین مجتمع صنعتی به‌طور هم‌زمان عرضه می‌شود. در این الگو، یک شرکت یا مجتمع زیرساختی وظیفه تأمین برق، بخار، آب صنعتی، آب بدون املاح، نیتروژن، هوای ابزار دقیق، آب آتش‌نشانی، خدمات محیط‌زیستی و برخی خدمات جانبی دیگر را برای کل یک منطقه صنعتی بر عهده می‌گیرد. در نتیجه، یوتیلیتی متمرکز فقط یک واحد خدماتی فرعی نیست و بخشی از معماری بهره‌برداری خوشه‌ای است.

در مناطق پتروشیمی ایران، این معماری به‌ویژه در دو منطقه اصلی کشور یعنی ماهشهر و عسلویه/کنگان شکل بسیار پررنگی دارد. در ماهشهر، فجر انرژی خلیج فارس نقش هاب یوتیلیتی را ایفا می‌کند و در عسلویه، مبین انرژی خلیج فارس و دماوند انرژی عسلویه چنین جایگاهی دارند. اهمیت این مجموعه‌ها از آن جهت است که ظرفیت نصب‌شده مجتمع‌های پتروشیمی را به ظرفیت قابل بهره‌برداری تبدیل می‌کنند؛ به این معنا که تا زمانی که برق، بخار، آب مناسب، گازهای صنعتی و خدمات کنترلی در دسترس نباشد، حتی سالم‌بودن تجهیزات اصلی فرایندی نیز برای ادامه تولید کافی نیست.

مزیت اصلی این ساختار در شرایط عادی، کاهش هزینه سرمایه‌گذاری، بهینه‌سازی زیرساخت‌ها، افزایش بهره‌وری انرژی، بهبود کنترل کیفیت خدمات و استفاده از صرفه‌های ناشی از مقیاس است. برای مثال، هنگامی که تولید برق و بخار در یک ساختار یکپارچه انجام می‌شود، امکان بازیافت حرارت و استفاده مؤثرتر از سوخت فراهم می‌شود. همچنین وقتی واحدهای آب‌گیری، RO^۸ و DM^۹ به‌صورت مرکزی طراحی می‌شوند، هم کیفیت آب پایدارتر می‌شود و هم هزینه هر واحد صنعتی کاهش می‌یابد. با این حال، همین تمرکز در شرایط بحران یا جنگ، یک آسیب‌پذیری ساختاری ایجاد می‌کند، زیرا اختلال در یک منطقه مرکزی می‌تواند چندین مجتمع را هم‌زمان از مدار خارج کند.

۲-۱- خدمات اصلی یوتیلیتی مرکزی

یوتیلیتی متمرکز در صنعت پتروشیمی، مجموعه‌ای از خدمات پایه و حیاتی را در اختیار مجتمع‌ها قرار می‌دهد که بدون آن‌ها ادامه بهره‌برداری ممکن نیست. این خدمات در سه مجتمع اصلی کشور در مقیاس بسیار بزرگی تولید می‌شوند. فجر انرژی خلیج فارس در ماهشهر دارای ظرفیت ۱۴۹۵ مگاواتی برق و ۱۷۸۸ تن بر ساعت بخار است و در کنار آن، آب‌های صنعتی شامل RO و DM، آب آتش‌نشانی، آب بهداشتی، اکسیژن، نیتروژن،

^۸ Reverse Osmosis

^۹ Demineralized

آرگون و هوای ابزار دقیق را نیز تأمین می‌کند. مبین انرژی خلیج فارس در عسلویه دارای ظرفیت ۹۸۶ مگاوات برق و ۳۲۱۵ تن بر ساعت بخار است. برای دماوند انرژی عسلویه نیز ظرفیت ۶۴۸ مگاوات برق و ۷۸۰ تن بر ساعت بخار ثبت شده است. ضمن این‌که دماوند انواع آب، جداسازی هوا، نیتروژن و سایر خدمات جانبی را نیز در اختیار منطقه قرار می‌دهد.

- برق نخستین و بنیادی‌ترین سرویس یوتیلیتی است. برق در پتروشیمی فقط برای روشنایی یا مصرف عمومی به کار نمی‌رود، بلکه حیات عملیاتی کمپرسورها، پمپ‌ها، الکتروموتورها، درایوها، سامانه‌های کنترل، تجهیزات ابزار دقیق و بسیاری از واحدهای جانبی به آن وابسته است. از دست رفتن برق پایدار به معنای از مدار خارج شدن هم‌زمان تعداد زیادی از تجهیزات دوار و اختلال در توالی عملیات فرایندی است. در مراکز یوتیلیتی، مقیاس تولید برق به اندازه‌ای است که قطع آن می‌تواند چندین مجتمع را به‌طور هم‌زمان در معرض توقف یا افت بار شدید قرار دهد.
- تأمین بخار دومین خدمت راهبردی است و در بسیاری از فرایندها حتی از برق نیز نقش حساس‌تری دارد. بخار برای راه‌اندازی واحدها، گرمایش فرایندی، ریبویلرها، استریپرها، پیش‌گرم‌کن‌ها، برج‌های تقطیر و بخشی از کنترل دمای فرایند ضروری است. قطعی بخار نباید فقط به معنی کاهش ظرفیت تلقی شود، بلکه تعادل حرارتی واحد را بر هم می‌زند و در برخی موارد ادامه کار ایمن را ناممکن می‌سازد. همین مسئله باعث می‌شود که اختلال در مراکز یوتیلیتی، به‌ویژه در مجتمع‌های وابسته به بخار، به‌سرعت به شات داون یا افت شدید تولید منجر شود.
- آب صنعتی و آب خنک‌کن از دیگر ارکان اصلی یوتیلیتی‌ها هستند. این آب‌ها برای دفع حرارت، خنک‌سازی تجهیزات، گردش در برج‌های خنک‌کن و پایداری حرارتی فرایند ضروری هستند. در مبین، آب خنک‌کن و آب بویلر در مقیاس بسیار بالا تولید می‌شود و در فجر نیز واحدهای RO، آب بویلر و آب صنعتی جزو اجزای اصلی سبد خدمات هستند. بدون این آب‌ها، امکان کنترل دمای فرایند، بهره‌برداری پایدار از بویلرها و حفاظت از بخشی از تجهیزات حساس وجود ندارد. به همین دلیل، اختلال در سامانه آب معمولاً به‌صورت زنجیره‌ای بر بخار، دما، ظرفیت و ایمنی اثر می‌گذارد.
- آب DM و RO به‌طور خاص برای خوراک بویلرها، مصارف فرایندی حساس و حفظ کیفیت بهره‌برداری ضروری‌اند. آب بدون املاح، از تشکیل رسوب، خوردگی و افت راندمان در بویلرها و مبدل‌ها جلوگیری می‌کند و بخشی از پایداری سیستم بخار به آن وابسته است. اگر سامانه DM/RO دچار اختلال شود، ابتدا کیفیت آب افت می‌کند، سپس بویلرها محدود می‌شوند و در ادامه خود بخار نیز با کاهش مواجه می‌شود. بنابراین، قطع آب DM/RO یک اختلال مستقل نیست، بلکه به کاهش برق مؤثر، بخار و در نهایت تولید منجر می‌شود.

- نیتروژن و دیگر گازهای صنعتی از منظر ایمنی و پایداری فرایند جایگاه بسیار حساسی دارند. نیتروژن برای ¹⁰inerting تجهیزات، ¹¹purge خطوط، تخلیه ایمن سامانه‌ها، کاهش ریسک انفجار و پشتیبانی از برخی شرایط راهاندازی و توقف به کار می‌رود. در مراکز یوتیلیتی کشور، تولید نیتروژن در مقیاس ده‌ها هزار نرمال مترمکعب در ساعت انجام می‌شود. از دست رفتن نیتروژن فقط یک کمبود جانبی نیست، بلکه می‌تواند ایمنی بهره‌برداری و حتی ایمنی فرایند توقف اضطراری را با خطر جدی مواجه کند.
- هوای ابزار دقیق نیز یکی از حیاتی‌ترین خدمات یوتیلیتی است. این هوا در عملکرد ولوهای پنوماتیکی، عملگرها، سیستم‌های کنترل دقیق و برخی حلقه‌های فرمان به کار می‌رود. در صورت قطع هوای ابزار دقیق، بخش مهمی از سامانه‌های کنترلی پتروشیمی کارکرد خود را از دست می‌دهند و حتی اگر مجتمع تصمیم به توقف تولید بگیرد، خود عملیات توقف نیز ممکن است با خطا، نایمنی و افزایش ریسک همراه شود. به همین دلیل، هوای ابزار دقیق را باید جزو خدماتی دانست که مستقیماً با ایمنی فرایند پیوند دارد.
- آب آتش‌نشانی و خدمات اطفای حریق بخش دیگری از یوتیلیتی منطقه‌ای هستند که معمولاً کمتر دیده می‌شوند، اما در شرایط بحران نقش حیاتی دارند. وجود شبکه پایدار آب آتش‌نشانی، مخازن، فشار مناسب و زیرساخت اطفاء، بخشی از معماری ایمنی مجتمع‌های پتروشیمی است. هنگامی که یوتیلیتی منطقه‌ای دچار اختلال می‌شود، این بخش نیز ممکن است تضعیف شود و در نتیجه، تاب‌آوری سایت در برابر آتش‌سوزی، نشت یا انفجار کاهش یابد. بنابراین، اختلال در یوتیلیتی فقط تولید را متوقف نمی‌کند، بلکه به‌طور مستقیم بر ظرفیت دفاع صنعتی و ایمنی منطقه نیز اثر می‌گذارد.
- تصفیه پساب صنعتی و بهداشتی نیز جزئی از خدمات یوتیلیتی متمرکز است. این خدمت از یک سو برای رعایت الزامات محیط‌زیستی و جلوگیری از آلودگی ضروری است و از سوی دیگر، بخشی از پایداری کلی سایت را حفظ می‌کند. در ماهشهر به‌طور مشخص تصفیه پساب‌های صنعتی و بهداشتی به‌عنوان یکی از خدمات اصلی فجر ذکر شده است. بنابراین اختلال در یوتیلیتی منطقه‌ای فقط ابعاد تولیدی ندارد، بلکه می‌تواند تبعات محیط‌زیستی و مدیریتی نیز ایجاد کند و فشار مضاعفی بر فرایند بازیابی مجتمع‌ها وارد سازد.

¹⁰ به بی‌اثرسازی فضای داخلی تجهیزات و خطوط با تزریق گاز بی‌اثر مانند نیتروژن به‌منظور کاهش اکسیژن و جلوگیری از تشکیل اتمسفر قابل اشتعال گفته می‌شود.

¹¹ به فرایند پاک‌سازی یا تخلیه خطوط و تجهیزات با عبور دادن نیتروژن یا گاز مناسب برای خارج کردن هوا، گازهای خطرناک یا باقی‌مانده مواد فرایندی گفته می‌شود.

خدمات اصلی یوتیلیتی متمرکز و کارکرد آن‌ها در صنعت پتروشیمی در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. خدمات اصلی یوتیلیتی متمرکز و کارکرد آن‌ها در صنعت پتروشیمی

خدمات	کارکرد اصلی در مجتمع پتروشیمی	پیامد اختلال
برق	راه‌اندازی پمپ‌ها، کمپرسورها، تجهیزات دوار، کنترل و ابزار دقیق	توقف یا افت شدید تولید، اختلال در کنترل فرایند
بخار	گرمایش فرایندی، راه‌اندازی، ریبویلرها، استریپرها، برج‌ها	برهم‌خوردن تعادل حرارتی، شات داون یا افت بار
آب صنعتی/خنک‌کن	دفع حرارت، خنک‌سازی تجهیزات و فرایند	اختلال حرارتی، محدودیت ظرفیت و توقف واحد
آب DM/ RO	خوراک بویلر، مصارف حساس فرایندی، حفظ کیفیت بهره‌برداری	افت کیفیت آب، محدودیت بویلر و کاهش بخار
نیتروژن	purge, inerting ایمنی راه‌اندازی و توقف	افزایش ریسک نایمنی و اختلال در توقف
هوای ابزار دقیق	عملکرد ولوهای پنوماتیک و حلقه‌های کنترل	اختلال در فرمان و کنترل فرایند
آب آتش‌نشانی	اطفای حریق و دفاع ایمنی سایت	کاهش تاب‌آوری ایمنی در شرایط بحران
تصفیه پساب	پایداری محیط‌زیستی و تخلیه ایمن پساب	ریسک محیط‌زیستی و محدودیت در تداوم بهره‌برداری

یوتیلیتی متمرکز زمانی به گلوگاه عملیاتی تبدیل می‌شود که چندین مجتمع مستقل برای ادامه کار خود به یک نقطه مشترک وابسته باشند. در چنین وضعی، اختلال در آن نقطه، اثرش را فقط بر یک واحد نمی‌گذارد، بلکه به‌طور هم‌زمان به تمام مصرف‌کنندگان و مجتمع‌ها منتقل می‌کند. در ماهشهر، اختلال در فجر می‌تواند تقریباً تمام مجتمع‌های منطقه را متوقف کند و در عسلویه نیز اختلال در مبین و دماوند به توقف گسترده تولید در کل منطقه می‌انجامد. این وابستگی منطقه‌ای باعث می‌شود یوتیلیتی از یک خدمت پشتیبان به یک گلوگاه راهبردی تبدیل شود.

نکته‌ی بعد، چندخدمتی بودن یوتیلیتی متمرکز است. اگر یک مجتمع فقط برق خود را از یک هاب دریافت می‌کرد، این امکان وجود داشت بخشی از اختلال را با راهکارهای اضطراری مدیریت کرد؛ اما در عمل، هاب یوتیلیتی به‌طور هم‌زمان برق، بخار، آب، نیتروژن، هوای ابزار دقیق و بخشی از خدمات ایمنی را تأمین می‌کند. بنابراین وقتی این هاب از مدار خارج می‌شود، چند لایه اختلال به‌وجود می‌آید. برای نمونه، قطع برق باعث توقف تجهیزات دوار می‌شود، قطع بخار تعادل حرارتی را به‌هم می‌زند، کاهش آب DM بویلرها را محدود می‌کند، قطع نیتروژن و هوای ابزار دقیق ایمنی و کنترل را تضعیف می‌کند و کاهش آب آتش‌نشانی توان پاسخ به حادثه را پایین می‌آورد. همین هم‌زمانی اختلال‌ها، عامل تبدیل یوتیلیتی مرکزی به یک گلوگاه خواهد بود.

موضوع قابل توجه بعدی، ارتباط یوتیلیتی متمرکز با شبکه خوراک و محصول بین‌مجتمعی است. در مناطق پتروشیمی ایران، بسیاری از مجتمع‌ها نه تنها از یوتیلیتی مشترک استفاده می‌کنند، بلکه با جریان‌های میانی و خوراک بین اجتماعی نیز به هم متصل‌اند. در نتیجه، هنگامی که یوتیلیتی از کار می‌افتد، فقط واحدهای نهایی متوقف نمی‌شوند، بلکه واحدهای تولید خوراک بین اجتماعی نیز از مدار خارج می‌شوند. این مسئله باعث می‌شود اختلال از سطح یک خدمت زیرساختی فراتر رفته و به اختلال هم‌زمان در خوراک، محصول میانی، تولید نهایی و بازار پایین دستی تبدیل شود. این همان سازگاری است که اثر دومینویی را در ماهشهر و عسلویه توضیح می‌دهد.

ضمن این که وابستگی فرایند راه‌اندازی مجدد به یوتیلیتی نیز قابل توجه است. در بسیاری از صنایع، قطع یک خدمت ممکن است فقط به توقف موقت منجر شود؛ اما در پتروشیمی، بازگرداندن واحدها به مدار، خود نیازمند برق پایدار، بخار، نیتروژن، هوای ابزار دقیق، آب مناسب و شرایط ایمن است. بنابراین اگر یوتیلیتی آسیب ببیند، نه فقط تولید متوقف می‌شود، بلکه فرایند بازیابی نیز به شدت کند و پیچیده می‌شود. به همین علت، حمله به مراکز یوتیلیتی می‌تواند اثر عملیاتی طولانی‌تری نسبت به حمله مستقیم به برخی واحدهای منفرد ایجاد کند.

در نهایت، یوتیلیتی متمرکز به این دلیل گلوگاه عملیاتی است که پایداری، ایمنی، کنترل، محیط‌زیست و تولید را به‌طور هم‌زمان به هم گره می‌زند. به بیان دقیق‌تر، این مراکز فقط انرژی و آب تولید نمی‌کنند؛ بلکه امکان واقعی بهره‌برداری، شات داون ایمن، راه‌اندازی مجدد، کنترل فرایندی، اطفای حریق و مدیریت پساب را برای کل منطقه فراهم می‌کنند. از این منظر، یوتیلیتی همان نقطه‌ای است که ظرفیت نصب‌شده صنعت را به ظرفیت قابل بهره‌برداری تبدیل می‌کند. وقتی این نقطه هدف قرار گیرد، اثر حمله از سطح یک مجتمع فراتر رفته و به توقف تولید منطقه‌ای تبدیل می‌شود.

معماری یوتیلیتی متمرکز در صنعت پتروشیمی ایران بر پایه این منطق شکل گرفته که خدمات حیاتی به‌صورت مرکزی و در مقیاس منطقه‌ای تولید و توزیع شوند. این معماری در شرایط عادی مزایای مهمی از نظر هزینه، بهره‌وری و مقیاس اقتصادی ایجاد می‌کند، اما در شرایط جنگی یا بحران، به یک آسیب‌پذیری راهبردی تبدیل می‌شود. علت این امر آن است که مراکز یوتیلیتی به‌طور هم‌زمان برق، بخار، آب، گازهای صنعتی، خدمات ایمنی و محیط‌زیستی را برای چندین مجتمع فراهم می‌کنند و اختلال در آن‌ها می‌تواند هم‌زمان تولید، خوراک بین اجتماعی، کنترل، ایمنی و بازیابی منطقه را مختل کند. بنابراین، در تحلیل حملات به ماهشهر و عسلویه، یوتیلیتی متمرکز باید به‌عنوان مهم‌ترین گلوگاه عملیاتی این دو مرکز دیده شود.

فصل ۳. بررسی حمله به منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی (ماهشهر)

۳-۱- نقش مجتمع فجر انرژی خلیج فارس در منطقه

شرکت فجر انرژی خلیج فارس را باید هسته زیرساختی منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر دانست. نقش این شرکت فقط تأمین یک خدمت جانبی برای مجتمع‌ها نیست، بلکه فجر در عمل، تأمین‌کننده پیش‌نیازهایی است که امکان بهره‌برداری پیوسته، ایمن و هم‌زمان چندین مجتمع بزرگ منطقه را فراهم می‌کند. به همین دلیل، جایگاه فجر در ماهشهر با یک واحد تولیدی عادی قابل مقایسه نیست؛ این شرکت در حکم قلب تپنده منطقه عمل می‌کند و اختلال در آن، به معنای اختلال در کل منطق عملیاتی منطقه است.

ظرفیت‌های یوتیلیتی فجر انرژی خلیج فارس نشان می‌دهد که این مجتمع، بار عملیاتی بخش عمده منطقه پتروشیمی ماهشهر را بر دوش دارد. در بخش انرژی، ظرفیت ثبت‌شده فجر شامل ۱۴۹۵ مگاوات برق با ۱۱ توربین گازی متصل به شبکه برق سراسری و حدود ۱۷۸۸ تن بر ساعت بخار است.

در حوزه آب و خدمات فرایندی، ظرفیت فجر نیز بسیار قابل توجه است. ظرفیت RO برابر ۱۰,۵۳۰ مترمکعب بر ساعت، ظرفیت بازیافت RO-Reject برابر ۱,۶۹۶ مترمکعب بر ساعت، ظرفیت DM برابر ۲,۵۱۰ مترمکعب بر ساعت و ظرفیت آب خوراک بویلر برابر ۲,۸۸۵ مترمکعب بر ساعت ثبت شده است. این ارقام نشان می‌دهد که فجر فقط تأمین‌کننده آب خام یا آب صنعتی ساده نیست، بلکه شبکه‌ای از آب با کیفیت‌های مختلف را برای بویلرها، برج‌های خنک‌کن، سامانه‌های فرایندی و تجهیزات حساس در مقیاس منطقه‌ای فراهم می‌کند. به همین دلیل، اختلال در این بخش، خیلی سریع خود را به صورت افت فشار بخار، محدودیت در دفع حرارت، افت کنترل دمای فرایند و در نهایت توقف واحدها نشان می‌دهد.

در بخش گازهای صنعتی و سامانه‌های کنترلی نیز فجر دارای ظرفیت‌های مناسبی است. ظرفیت نیتروژن گازی ۵۱ هزار نرمال مترمکعب بر ساعت، هوای ابزار دقیق ۳۳,۵۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت و هوای سرویس ۶۶ هزار نرمال مترمکعب بر ساعت برای این شرکت ذکر شده است. افزون بر این، اکسیژن و آرگون نیز در سبد خدمات فجر قرار دارند. اهمیت این بخش در آن است که نیتروژن برای inerting و purge و هوای ابزار دقیق برای عملکرد ولوهای پنوماتیکی، عملگرها و حلقه‌های کنترلی ضروری است. بنابراین اختلال در این ظرفیت‌ها فقط به افت تولید منجر نمی‌شود، بلکه مستقیماً ایمنی بهره‌برداری و حتی ایمنی شات داون مجتمع‌ها را تهدید می‌کند.

فجر علاوه بر این ظرفیت‌ها، آب آتش‌نشانی، آب بهداشتی و خدمات تصفیه پساب صنعتی و بهداشتی را نیز برای منطقه فراهم می‌کند. این بخش از خدمات، هرچند در ظاهر نسبت به برق و بخار کمتر مورد توجه قرار

می‌گیرد، اما برای پایداری عملیاتی منطقه بسیار مهم است. وجود شبکه پایدار آتش‌نشانی، ذخیره و توزیع آب مناسب و امکان تصفیه و مدیریت پساب، بخشی از معماری ایمنی و محیط‌زیستی سایت را تشکیل می‌دهد. به همین دلیل، اختلال در فجر فقط به معنای قطع برق و بخار نیست، بلکه هم‌زمان تاب‌آوری ایمنی و محیط‌زیستی منطقه را نیز کاهش می‌دهد.

ظرفیت خدمات یوتیلیتی مجتمع فجر انرژی خلیج فارس در جدول ۴ قابل مشاهده است.

جدول ۴. ظرفیت خدمات یوتیلیتی مجتمع فجر انرژی خلیج فارس

ظرفیت	خدمت یوتیلیتی
۱۴۹۵ مگاوات	برق
۱۷۸۸ تن بر ساعت	بخار
۱۰,۵۳۰ مترمکعب بر ساعت	RO
۱,۶۹۶ مترمکعب بر ساعت	بازیافت RO-Reject
۲,۵۱۰ مترمکعب بر ساعت	آب DM
۲,۸۸۵ مترمکعب بر ساعت	آب خوراک بویلر
۱۵,۰۰۰ مترمکعب بر ساعت	آب نرم (کلاریفاید)
۵۱,۰۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت	نیتروژن (گاز)
۵.۴ تن بر ساعت	نیتروژن (مایع)
۴۰,۵۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت	اکسیژن (گاز)
۲.۴ تن بر ساعت	اکسیژن (مایع)
۰.۳۷۴ تن بر ساعت	آرگون (مایع)
۳۳,۵۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت	هوای ابزار دقیق
۶۶,۰۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت	هوای سرویس
۱,۲۲۵ مترمکعب بر ساعت	میعانات برگشتی بخار
۹۸۰ مترمکعب بر ساعت	آب سرویس
۳۷۵ مترمکعب بر ساعت	آب بهداشتی
۱۴,۰۰۰ مترمکعب بر ساعت	آب آتش‌نشانی
۸۶۴ مترمکعب بر ساعت	تصفیه پساب

برای درک بهتر مقیاس این ظرفیت‌ها، کافی است توجه شود که فجر به‌تنهایی در حوزه برق معادل یک نیروگاه بزرگ عمل می‌کند و در حوزه بخار نیز در سطحی قرار دارد که افت آن می‌تواند هم‌زمان تعادل حرارتی چندین مجتمع را بر هم بزند. در حوزه آب، ظرفیت‌های RO، DM و آب خوراک بویلر آن به‌گونه‌ای است که اختلال در این زنجیره، فقط یک کمبود موضعی ایجاد نمی‌کند، بلکه به‌صورت دومینویی بخار، خنک‌کاری، کیفیت

فرایندی و حفاظت از تجهیزات را نیز با مشکل مواجه می‌سازد. در حوزه گازهای صنعتی و هوای ابزار دقیق نیز ظرفیت‌های فجر مستقیماً با امکان ادامه بهره‌برداری ایمن گره خورده‌اند.

ظرفیت‌های یوتیلیتی فجر نشان می‌دهد که این شرکت در ماهشهر یک هاب کامل و چندلایه زیرساختی است. ترکیب هم‌زمان برق، بخار، آب با کیفیت‌های مختلف، نیتروژن، هوای ابزار دقیق، آتش‌نشانی و تصفیه پساب، فجر را به نقطه‌ای تبدیل کرده که پایداری تولید، کنترل، ایمنی و بازیابی منطقه به آن وابسته است. به همین دلیل، آسیب به فجر فقط از دست رفتن یک خدمت یا یک واحد پتروشیمی نیست، در واقع به معنای اختلال هم‌زمان در تأمین چندین پیش‌شرط حیاتی بهره‌برداری در کل منطقه ماهشهر است.

۳-۲- مجتمع‌های وابسته به فجر در ماهشهر

وابستگی مجتمع‌های پتروشیمی ماهشهر به فجر انرژی خلیج فارس، وابستگی به یک خدمت محدود و منفرد نیست، بلکه اتکا به یک زیرساخت چندخدمتی و منطقه‌ای است که برق، بخار، آب صنعتی، آب با کیفیت‌های مختلف، نیتروژن، هوای ابزار دقیق، آب آتش‌نشانی و بخشی از خدمات محیط‌زیستی را به صورت متمرکز تأمین می‌کند. به همین دلیل، مجتمع‌های مستقر در منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر را باید در مدار عملیاتی وابسته به فجر تحلیل کرد؛ زیرا حتی اگر بخشی از این مجتمع‌ها در برخی خدمات دارای پشتیبانی محدود داخلی باشند، ادامه تولید پایدار و بهره‌برداری در مقیاس اسمی آن‌ها بدون پایداری فجر ممکن نیست.

بر اساس نقشه جریان‌ها و جانمایی مجتمع‌های منطقه، مهم‌ترین مجتمع‌های وابسته به یوتیلیتی فجر در ماهشهر شامل بندر امام، بوعلی سینا، مارون، امیرکبیر، تندگویان، اروند، غدیر، رجال، نویدزرشیمی، تخت‌جمشید، فن‌آوران، شیمی‌بافت، کارون، فارابی، رازی، آریا فسفریک، لاله و خوزستان هستند. این فهرست نشان می‌دهد که وابستگی به فجر فقط شامل چند مجتمع همگن یا متعلق به یک زنجیره خاص نیست؛ بلکه بخش بزرگی از زنجیره‌های الفینی، آروماتیکی، PET، PVC، لاستیک، متانول، متیل ترشری بوتیل اتر و محصولات شیمیایی تخصصی منطقه در این مدار قرار دارند. از این رو، فجر در ماهشهر نقش یک هاب یوتیلیتی واحد برای یک مجموعه گسترده و متنوع از مجتمع‌های پتروشیمی را ایفا می‌کند.

برای درک بهتر دامنه این وابستگی، می‌توان مجتمع‌ها را بر اساس زنجیره و نقش صنعتی آن‌ها دسته‌بندی کرد. در زنجیره الفین و پلیمرها، مجتمع‌هایی مانند مارون، امیرکبیر، بندر امام، لاله، رجال و نویدزرشیمی قرار دارند. در زنجیره PVC و کلر آلکالی، اروند، غدیر و بندر امام قرار می‌گیرند. در زنجیره پلی‌استر و PET، تندگویان نقش محوری دارد. در زنجیره آروماتیک‌ها، بوعلی سینا و بخشی از بندر امام قرار دارد. در زنجیره متانول و مشتقات آن، فن‌آوران و شیمی‌بافت مهم است. در زنجیره لاستیک‌های مصنوعی، بندر امام و تخت‌جمشید قرار دارند. در زنجیره ایزوسیانات‌ها و محصولات شیمیایی نیز کارون، فارابی و خوزستان جای می‌گیرند. این

گسترده‌گی نشان می‌دهد که اختلال در فجر، فقط یک بخش از سبد پتروشیمی منطقه را متأثر نمی‌کند، بلکه هم‌زمان به طیف بزرگی از زنجیره‌ها ضربه می‌زند.

از منظر کارکرد شبکه‌ای، اهمیت این وابستگی در آن است که بسیاری از این مجتمع‌ها فقط تولیدکننده محصول نهایی نیستند، بلکه در تأمین خوراک و محصولات میانی برای دیگر واحدها نیز نقش دارند. به‌عنوان نمونه، بوعلی سینا و بندر امام در زنجیره آروماتیک‌ها و جریان‌های میانی، مارون و امیرکبیر در زنجیره الفین و پلیمرها، فن‌آوران و شیمی‌بافت در زنجیره متانول و MTBE و کارون در زنجیره محصولات شیمیایی خاص، نقشی فراتر از یک تولیدکننده منفرد دارند. بنابراین اگر فجر از مدار خارج شود، نه فقط ظرفیت تولید این مجتمع‌ها کاهش می‌یابد، بلکه خوراک و جریان‌های بین‌مجتمعی نیز مختل می‌شود و اثر اختلال به‌صورت دومینویی به دیگر بخش‌های منطقه سرایت می‌کند.

وابستگی این مجتمع‌ها به فجر همچنین از منظر بازار داخلی اهمیت دارد. مجموعه مجتمع‌های متکی به این هاب، طیفی از محصولات پایه و میان‌دستی و نهایی را تولید می‌کنند که برای صنایع بسته‌بندی، ساختمانی، نساجی، لاستیک، رزین، پزشکی، کود شیمیایی و بسیاری از صنایع پایین‌دستی حیاتی هستند. بنابراین، اختلال در فجر فقط توقف چند مجتمع در محدوده ماهشهر نیست، بلکه می‌تواند کمبود هم‌زمان چندین ماده اولیه صنعتی را در سطح کشور ایجاد کند. همین ویژگی است که فهرست مجتمع‌های وابسته به فجر را از یک فهرست صرفاً جغرافیایی فراتر می‌برد و آن را به یک شاخص برای سنجش شدت آسیب‌پذیری و میزان تاب‌آوری زنجیره تأمین محصولات پتروشیمی منطقه تبدیل می‌کند.

در نهایت باید گفت که مجتمع‌های وابسته به فجر در ماهشهر، مجموعه‌ای محدود و همگن نیستند، بلکه طیف وسیعی از مجتمع‌های بزرگ و راهبردی منطقه را در بر می‌گیرند. این وابستگی به این معنا است که فجر عملاً زیرساخت مشترک چندین زنجیره مهم پتروشیمی در ماهشهر را فراهم می‌کند. بنابراین، هرگونه اختلال در فجر، به‌جای آن‌که اثرش به یک یا دو مجتمع محدود شود، هم‌زمان بر بخش بزرگی از زنجیره‌های الفینی، آروماتیکی، PET، PVC، لاستیک، متانول، MTBE و محصولات شیمیایی اثر می‌گذارد و همین امر، آن را به مهم‌ترین گلوگاه عملیاتی منطقه تبدیل می‌کند.

۳-۲-۱- واحدهای میان‌دستی و خوراک بین‌مجتمعی متأثر از اختلال

یکی از مهم‌ترین ابعاد اختلال در فجر انرژی خلیج فارس آن است که اثر آن فقط به مجتمع‌های تولیدکننده محصول نهایی محدود نمی‌شود، بلکه واحدهای تولید خوراک و محصولات بین‌مجتمعی منطقه را نیز از مدار خارج می‌کند. در ماهشهر، بخش مهمی از منطق تولید بر پایه جریان مستمر خوراک‌ها و محصولات میانی میان مجتمع‌ها شکل گرفته است. به همین دلیل، هنگامی که یوتیلیتی متمرکز دچار اختلال شود، فقط چند

محصول نهایی کم نمی‌شود؛ بلکه واحدهایی که مواد پایه و میانی را برای دیگر مجتمع‌ها تولید می‌کنند نیز با توقف یا افت شدید مواجه می‌شوند و همین مسئله، اختلال را به‌صورت دومینویی در کل منطقه منتشر می‌کند.

در زنجیره آروماتیک‌ها و برش‌های میانی، دو مجتمع بوعلی سینا و بندر امام از مهم‌ترین واحدهای منطقه به‌شمار می‌روند. بوعلی سینا با تولید بنزن، پارازیلین، ارتوزایلین، رافینیت، برش سبک، برش سنگین، گاز مایع و پنتان یکی از گلوگاه‌های اصلی تأمین جریان‌های میانی برای زنجیره‌های پایین‌دستی آروماتیکی و پلیمری است. بندر امام نیز در همین حوزه، بنزن، پارازیلین، رافینیت و MTBE تولید می‌کند و علاوه بر آن، در برخی زنجیره‌ها، خود نیز نقش تبدیل‌کننده همین مواد میانی به محصولات پایین‌دستی‌تر را بر عهده دارد. توقف یا افت بار این دو مجتمع، زنجیره تأمین مواد واسط آروماتیکی را در ماهشهر دچار اختلال جدی می‌کند.

در زنجیره الفین و پلیمرها، مجتمع‌های مارون، امیرکبیر و بندر امام نقش مهمی در تولید مواد میانی و خوراک برای سایر واحدها دارند. مارون علاوه بر تولید MEG، DEG و TEG، در زنجیره پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن نیز حضور دارد. امیرکبیر در کنار پلی‌اتیلن‌ها، بوتن-۱، بوتادین، رافینیت و برش‌های C6+ تولید می‌کند که بخشی از آن‌ها در زنجیره‌های دیگر منطقه ارزش‌افزوده می‌گیرند. بندر امام نیز با تولید رافینیت و برخی جریان‌های آروماتیکی و هیدروکربنی، یکی از واحدهای مهم در پشتیبانی از جریان خوراک در منطقه است.

در زنجیره متانول و مشتقات آن، مجتمع‌های فن‌آوران و شیمی‌بافت نقش تولیدکننده خوراک بین‌مجتمعی را دارند. فن‌آوران با ظرفیت تولید ۱ میلیون تن متانول و ۱۵۰ هزار تن اسید استیک، یکی از واحدهای شیمیایی مهم منطقه است. شیمی‌بافت نیز با ظرفیت تولید ۹۰ هزار تن MTBE در این زنجیره قرار می‌گیرد. بخشی از متانول و جریان‌های میان‌دستی مرتبط، در شبکه شیمیایی منطقه نقش مستقیم در تأمین خوراک واحدهای دیگر یا در تکمیل زنجیره‌های پایین‌دستی دارند؛ به همین دلیل، اثر توقف این مجتمع‌ها فراتر از محصول نهایی آن‌ها است و بخشی از سبد خوراک شیمیایی منطقه را نیز کاهش می‌دهد.

در زنجیره گلایکول و پلی‌استر، مجتمع مارون به‌عنوان تولیدکننده اصلی MEG و DEG و مجتمع تندگویان به‌عنوان مصرف‌کننده و تکمیل‌کننده این زنجیره در تولید PET، یک زنجیره‌ی مهم را شکل می‌دهند. اختلال در تولید مارون، فقط افت مستقیم گلایکول‌ها را به‌دنبال ندارد، بلکه بخشی از زنجیره تولید PET در تندگویان را نیز تحت فشار قرار می‌دهد. همین منطق در مورد دیگر جریان‌های بین‌مجتمعی منطقه نیز برقرار است؛ یعنی هرگاه یک واحد تولیدکننده خوراک یا محصولات میان‌دستی از مدار خارج شود، واحد پایین‌دستی آن نیز با افت یا توقف مواجه خواهد شد.

در زنجیره MTBE و برش‌های سبک و رافینیتی، بندر امام و شیمی‌بافت نقش مهمی دارند. بندر امام ظرفیت تولید ۵۰۰ هزار تن MTBE و شیمی‌بافت ظرفیت تولید ۹۰ هزار تن MTBE دارند. علاوه بر آن، رافینیت و

سایر برش‌های میانی نیز در منطقه ماهشهر میان واحدها مبادله می‌شود. این جریان‌ها در بخشی از شبکه پایین‌دستی و نیز در حفظ پایداری تولیدی مجتمع‌های منطقه اهمیت دارند. بنابراین اختلال در مجتمع‌های تولیدکننده این مواد، فقط افت یک محصول خاص نیست، بلکه کاهش دسترسی به برش‌ها و خوراک‌های بین مجتمعی است که در چند حلقه دیگر زنجیره نیز اثرگذارند.

در زنجیره لاستیک‌های مصنوعی و مواد اولیه وابسته نیز خوراک بین‌مجتمعی اهمیت زیادی دارد. بندر امام و تخت‌جمشید در تولید استایرن بوتادین رابر^{۱۲} و استایرن بوتادین رابر^{۱۳} فعال هستند و مجتمع امیرکبیر و دیگر واحدهای منطقه نیز در تأمین برخی جریان‌های میانی این حوزه نقش دارند. از آنجا که بخشی از این زنجیره به بوتادین، برش‌های چهارکربنه و دیگر مواد واسطه‌ای متکی است، توقف واحدهای بالادستی تولیدکننده خوراک، به سرعت در حلقه‌های پایین‌دستی‌تر خود را نشان می‌دهد. به همین دلیل، اختلال در یوتیلیتی منطقه‌ای، اثر مستقیم بر زنجیره لاستیک نیز دارد.

در حوزه محصولات شیمیایی نیز این منطق برقرار است. پتروشیمی کارون با تولید تولوئن دی‌ایزوسیانات^{۱۴} و متیل دی‌فنیل دی‌ایزوسیانات^{۱۵} و استفاده از جریان‌های میانی آروماتیکی و شیمیایی، یکی از نقاط مهم زنجیره پلی‌یورتان در کشور است. همچنین فارابی در زنجیره دی‌اکتیل فتالات و خوزستان در پلی‌کربنات و رزین اپوکسی حضور دارند. این واحدها از یک‌سو به مواد میانی و خوراک‌های شیمیایی وابسته‌اند و از سوی دیگر خود بخشی از زنجیره ارزش را برای سایر صنایع تکمیل می‌کنند. از این رو، اختلال در مجتمع‌های تولیدکننده خوراک‌های بین‌مجتمعی منطقه، به صورت غیرمستقیم این حلقه‌های تخصصی را نیز متأثر می‌کند. مهم‌ترین واحدهای تولیدکننده خوراک بین‌مجتمعی و زنجیره‌های متأثر از اختلال در ماهشهر در جدول ۵ ذکر شده است.

جدول ۵. مهم‌ترین واحدهای تولیدکننده خوراک بین‌مجتمعی و زنجیره‌های متأثر از اختلال در ماهشهر

نقش در زنجیره	جریان‌های خوراکی / میانی مهم	مجتمع
گره آروماتیکی و تأمین‌کننده مواد میانی	بنزن، پارازایلن، ارتوزایلن، رافینیت، برش سبک، برش سنگین، پنتان و LPG	بوعلی سینا
گره چندزنجیره‌ای در آروماتیک، MTBE و پلیمر	بنزن، پارازایلن، رافینیت، MTBE، پلیمرها و برخی برش‌های میانی	بندر امام
تأمین‌کننده گلایکول و بخشی از زنجیره الفین	TEG، DEG، MEG، پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن	مارون

¹² Styrene Butadiene Rubber (SBR)

¹³ Polybutadiene Rubber (SBR)

¹⁴ TDI

¹⁵ MDI

نقش در زنجیره	جریان‌های خوراکی / میانی مهم	مجتمع
گره خوراکی در زنجیره الفین و C4	بوتن-۱، بوتادین، رافینیت، برش‌های C6+ و پلی‌اتیلن‌ها	امیرکبیر
گره شیمیایی در زنجیره متانول	متانول و اسید استیک	فن‌آوران
تکمیل‌کننده زنجیره سوختی/شیمیایی	MTBE	شیمی‌بافت
حلقه پایین‌دستی وابسته به گلایکول‌ها	PET	تندگویان
حلقه پایین‌دستی وابسته به زنجیره C4	PBR, SBR	تخت‌جمشید
حلقه تخصصی وابسته به مواد میانی شیمیایی	MDI, TDI	کارون

۳-۲-۲- کاهش عرضه محصولات نهایی بر اثر اختلال ماهشهر

اختلال در ماهشهر، به دلیل تنوع بالای زنجیره‌های مستقر در این منطقه، فقط به افت یک یا دو محصول خاص محدود نمی‌شود؛ بلکه سبدي از محصولات پایه، میانی و نهایی را هم‌زمان تحت تأثیر قرار می‌دهد. برآوردهای موجود نشان می‌دهد که در صورت توقف گسترده منطقه، کاهش ظرفیت اصلی در ماهشهر شامل پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، PVC، MEG و DEG، PET و لاستیک‌های مصنوعی خواهد بود. اهمیت این سبد در آن است که تقریباً همه این محصولات، یا مستقیماً در صنایع پایین‌دستی مصرف می‌شوند یا مواد اولیه زنجیره‌هایی هستند که به سرعت بر بازار داخلی اثر می‌گذارند.

بزرگ‌ترین افت ظرفیت در ماهشهر مربوط به پلی‌اتیلن است. برآورد ثبت‌شده نشان می‌دهد که حدود ۱ میلیون و ۵۵۰ هزار تن در سال از ظرفیت پلی‌اتیلن منطقه در معرض کاهش قرار می‌گیرد. این افت ناشی از اختلال در مجتمع‌هایی مانند بندر امام، مارون، امیرکبیر و لاله است که در مجموع بخش بزرگی از تولید پلی‌اتیلن سبک، سنگین و سبک خطی را در منطقه بر عهده دارند. کاهش این ظرفیت به‌طور مستقیم بر صنایع بسته‌بندی، فیلم، لوله، اتصالات، مخازن، قطعات پلاستیکی، محصولات تزریقی و مجموعه‌ای از کاربردهای صنعتی و مصرفی اثر می‌گذارد.

دومین گروه مهم و مهم‌ترین اولویت تأمین، PET است که افت ظرفیت مجتمع تولیدکننده آن در شوک اولیه حدود ۸۸۷ هزار و ۷۰۰ تن در سال برآورد شده است. این افت به توقف یا اختلال در پتروشیمی شهید تندگویان مربوط می‌شود که زنجیره PET بطری، PET نساجی، PET الیاف مذاب و چیپس PET را در خود متمرکز کرده است. با توجه به اینکه تندگویان در چهار گرید اصلی تولید PET فعال است، اختلال در آن فقط بازار بطری را تحت فشار نمی‌گذارد، بلکه صنایع الیاف، نساجی، بسته‌بندی و رزین‌های پلی‌استری را نیز متأثر می‌سازد. به همین دلیل، افت تولید PET در ماهشهر از نظر اثرگذاری بر بازار داخلی، یکی از مهم‌ترین پیامدهای اختلال منطقه است.

پلی پروپیلن سومین گروه مهم محصولات نهایی متأثر است. در برآورد موجود، افت ظرفیت این محصول حدود ۶۴۰ هزار تن در سال ثبت شده است. این رقم عمدتاً به اختلال در رجال، نویدزرشیمی و بخشی از زنجیره‌های وابسته دیگر در منطقه مربوط می‌شود. پلی پروپیلن یکی از پرکاربردترین پلیمرهای صنعتی و مصرفی است و در قطعات خودرو، لوازم خانگی، بسته‌بندی، الیاف، منسوجات بی‌بافت، قطعات مهندسی و محصولات تزریقی نقش مهمی دارد. از این رو، کاهش تولید این محصول می‌تواند آثار قابل توجهی بر صنایع پایین‌دستی و بازار مواد اولیه پلیمری کشور بر جای بگذارد.

در زنجیره PVC نیز افت ظرفیت ماهشهر بسیار معنادار است. برآورد موجود نشان می‌دهد که حدود ۶۳۵ هزار تن در سال از ظرفیت PVC منطقه ممکن است کاهش یابد. این رقم حاصل تجمع ظرفیت‌های غدیر، اروند و بندر امام در این زنجیره است. از آنجا که PVC ماده اولیه بسیاری از محصولات ساختمانی، لوله و اتصالات، پروفیل در و پنجره، کفپوش، کابل، ورق، قطعات صنعتی و برخی محصولات پزشکی است، کاهش تولید آن می‌تواند بر بازار ساخت‌وساز، تأسیسات، شبکه‌های آب و برق و تجهیزات پزشکی نیز اثر بگذارد.

در زنجیره گلایکول‌ها نیز اختلال ماهشهر پیامد جدی به‌همراه داشت. ظرفیت ثبت‌شده برای تولید MEG و DEG در منطقه ماهشهر ۴۴۰ هزار تن در سال است که عمدتاً به مجتمع مارون مربوط می‌شود. این محصولات در زنجیره پلی‌استر، رزین‌ها، ضدیخ، الیاف و برخی کاربردهای شیمیایی نقش کلیدی دارند. از آنجا که بخشی از همین زنجیره در تندگویان به PET تبدیل می‌شود، افت تولید MEG و DEG عامل بخشی از فشار زنجیره‌ای بر تولید PET و سایر محصولات پایین‌دستی است.

گروه دیگر، لاستیک‌های مصنوعی SBR و PBR هستند که افت ظرفیت متأثر از شوک اولیه آن‌ها حدود ۱۳۲ هزار تن در سال برآورد شده است. این افت به زنجیره بندر امام و تخت‌جمشید مربوط می‌شود. لاستیک‌های مصنوعی در صنایع تایر، قطعات لاستیکی، کفش، قطعات فنی و برخی کاربردهای صنعتی اهمیت دارند. هرچند از نظر حجم تولید و ارزش بازار، این گروه نسبت به پلی‌اتیلن و PET کوچک‌تر است، اما از نظر تخصصی و کارکرد در برخی صنایع خاص، کاهش آن می‌تواند اثر قابل توجهی بر بازار و زنجیره تأمین بگذارد.

افزون بر این محصولات اصلی، باید توجه داشت که ماهشهر در تولید محصولاتی مانند متانول، اسید استیک، MTBE، بنزن، پارازیلن، TDI، MDI، دی‌اکتیل فتالات، اوره و دی‌آمونیم فسفات نیز نقش دارد. هرچند در برآورد میزان افت محصولات راهبردی متأثر از آسیب حملات، تمرکز اصلی بر پلیمرها و محصولات با اثر سریع‌تر بر بازار داخلی بوده است، اما اختلال در مجتمع‌های منطقه به‌طور طبیعی بر سبد محصولات شیمیایی نیز اثر می‌گذارد. به همین دلیل، فهرست محصولات متأثر شده از کاهش ظرفیت تولید در ماهشهر را باید فراتر از چند محصول عمده دانست و آن را در قالب یک سبد متنوع از مواد پایه، میان‌دستی و نهایی تحلیل کرد.

مجموع‌های اصلی تولیدکننده هر گروه محصول در منطقه ماهشهر در جدول ۶ قابل مشاهده است.

جدول ۶. مجتمع‌های اصلی تولیدکننده هر گروه محصول در منطقه ماهشهر

گروه محصول	مجموع‌های اصلی مرتبط
پلی‌اتیلن	بندر امام، مارون، امیرکبیر و لاله
PET	تندگویان
پلی‌پروپیلن	رجال، نویدزرشیمی و مارون
PVC	غدیر، اروند و بندر امام
DEG و MEG	مارون
SBR/ PBR	بندر امام و تخت جمشید
متانول و اسید استیک	فن‌آوران
MTBE	بندر امام و شیمی‌بافت
آروماتیک‌ها	بوعلی سینا و بندر امام
ایزوسیانات‌ها	کارون

بررسی محصولات نهایی که در نتیجه اختلال ماهشهر کاهش می‌یابند، نشان می‌دهد که این منطقه فقط یک هاب حجیم تولیدی نیست، بلکه یکی از متنوع‌ترین سبدهای محصولی پتروشیمی ایران را در خود جای داده است. پلی‌اتیلن، PET، پلی‌پروپیلن، PVC، گلایکول‌ها و لاستیک‌های مصنوعی، مهم‌ترین گروه‌های متأثر از کاهش تولید هستند؛ اما در کنار آن‌ها، بخشی از محصولات شیمیایی پایه و تخصصی نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرند. از این رو، اختلال در ماهشهر به معنای فشار هم‌زمان بر چندین زنجیره پایین‌دستی و بازار مواد اولیه صنعتی کشور است.

۳-۲-۳- برآورد میزان افت ظرفیت تولید در ماهشهر

آسیب به فجر انرژی خلیج فارس، از آنجا که هاب اصلی برق، بخار، آب فرایندی، آب DM/ RO، نیتروژن، هوای ابزار دقیق و بخشی از خدمات ایمنی منطقه است، به معنای افت تولید فراگیر در منطقه ماهشهر است. همان‌طور که پیش‌تر به آن اشاره شد، با آسیب به واحد تأمین یوتیلیتی، عملاً تمام تولید منطقه ماهشهر فارغ از آسیب یا عدم آسیب مجتمع‌ها متوقف خواهد شد. از همین رو، برآورد افت ظرفیت در این بخش بر این فرض استوار است که در شوک اولیه، افت ظرفیت منطقه تقریباً معادل ظرفیت ثبت‌شده مجتمع‌ها خواهد بود؛ اما در مرحله بازیابی، تفاوت میان مجتمع‌ها بر اساس سه عامل شدت وابستگی به یوتیلیتی مرکزی، میزان یکپارچگی فرایند و وجود یا عدم وجود یوتیلیتی داخلی یا پشتیبان در خود مجتمع ظاهر می‌شود.

از منظر فنی، مجتمع‌هایی که دارای واحدهای پیوسته، چندزنجیره‌ای، تولیدکننده خوراک بین مجتمعی و دارای راهاندازی پیچیده هستند، دیرتر به مدار برمی‌گردند؛ در مقابل، مجتمع‌هایی که فرایند تولید ساده‌تری دارند یا بخشی از بخار، برق و هوای ابزار دقیق را در داخل سایت در اختیار دارند یا وابستگی کمتری به تبادل خوراک بین مجتمعی دارند، قابلیت بازگشت سریع‌تری خواهند داشت. در همین چارچوب، پتروشیمی‌هایی مانند بوعلی سینا، بندر امام، تندگویان، امیرکبیر و رجال از جمله مجتمع‌هایی هستند که بازگشت آن‌ها به مدار طبیعتاً زمان بیش‌تری خواهد برد. این گزاره با منطق فرایندی و ساختار زنجیره‌ای منطقه نیز سازگار است.

برای برآورد واقع‌بینانه، باید میان افت ظرفیت ناشی از شوک اولیه و بازگشت تدریجی پس از احیای حداقل یوتیلیتی تفکیک قائل شد. در شوک اولیه، برآورد کارشناسی این است که تقریباً کل ظرفیت ۲۵.۸ تا ۲۶ میلیون تن منطقه از مدار بهره‌برداری خارج می‌شود. اما در فاز بازگشت، همه مجتمع‌ها با سرعت یکسان برنمی‌گردند. بخشی از مجتمع‌ها می‌توانند در سطح محدود یا جزیره‌ای با استفاده از ظرفیت‌های داخلی و بازیابی اضطراری خدمات، زودتر به مدار برگردند؛ اما بخشی دیگر به دلیل خسارت مستقیم، پیچیدگی فرایند، وابستگی بیشتر به خوراک‌های بین مجتمعی و حساسیت راهاندازی، دیرتر احیا می‌شوند.

۳-۲-۳-۱- منطق برآورد افت ظرفیت در شوک اولیه

در مرحله نخست، ظرفیت متأثر از آسیب هر مجتمع را باید تقریباً برابر با ظرفیت اسمی ثبت‌شده آن در نظر گرفت؛ زیرا مسئله فقط قطع برق نیست، بلکه هم‌زمان بخار، آب با کیفیت مناسب، نیتروژن و هوای ابزار دقیق نیز مختل می‌شود. به همین دلیل، حتی پتروشیمی‌هایی که در ظاهر بخشی از برق یا بخار را از یوتیلیتی درون مجتمعی تأمین می‌کند، تا زمانی که آرایش پایدار برای کل یوتیلیتی شکل نگیرد، نمی‌توانند در ظرفیت نامی به مدار بازگردند. بنابراین در شوک اولیه، افت ظرفیت منطقه را باید نزدیک به همان ظرفیت اسمی مجتمع‌ها دانست. این منطق برای مجتمع‌های پیوسته و چندزنجیره‌ای شدیدتر است و برای واحدهای کوچک‌تر که امکان راهاندازی بخشی از آن‌ها به‌صورت مستقل وجود دارد، با شدت کمتری ظاهر می‌شود.

برآورد افت ظرفیت ناشی از شوک اولیه در مجتمع‌های اصلی ماهشهر در قالب جدول ۷ محاسبه شده است.

جدول ۷. برآورد افت ظرفیت شوک اولیه در مجتمع‌های اصلی ماهشهر

مجموع	مهم‌ترین محصول / محصولات	ظرفیت در معرض افت
بندر امام	بنزن، رافینیت، پارازایلن، MTBE، SBR، PVC، پلی‌اتیلن سنگین و پلی‌اتیلن سبک	حدود ۲,۰۳۶,۰۰۰ تن بر سال فقط برای محصولات اصلی
بوعلی سینا	بنزن، پارازایلن، ارتوزایلن، برش سبک، رافینیت، LPG، پنتان و برش سنگین	حدود ۱,۷۱۷,۸۰۰ تن بر سال
مارون	MEG، DEG، TEG، پلی‌اتیلن سنگین و پلی‌پروپیلن	حدود ۱,۰۴۲,۸۰۰ تن بر سال
امیرکبیر	پلی‌اتیلن سنگین، پلی‌اتیلن سبک خطی، پلی‌اتیلن سبک، بوتن-۱ و بوتادین	حدود ۹۵۲,۷۰۰ تن بر سال
تندگویان	پت بطری، پت نساجی، پت الیاف مذاب و چیپس پت	حدود ۸۸۷,۷۰۰ تن بر سال
رازی	اوره و دی‌آمونیم فسفات	حدود ۱,۳۳۲,۷۵۰ تن بر سال
فن‌آوران	متانول و اسید استیک	حدود ۱,۱۵۰,۰۰۰ تن بر سال
اروند	S-PVC و E-PVC	۳۴۰,۰۰۰ تن بر سال
غدیر	PVC	۱۲۰,۰۰۰ تن بر سال
رجال	پلی‌پروپیلن	۱۸۰,۰۰۰ تن بر سال
نویدزرشیمی	پلی‌پروپیلن	۱۶۰,۰۰۰ تن بر سال
تخت‌جمشید	SBR، PBR و STP	۹۳,۰۰۰ تن بر سال
فارابی	دی‌اکتیل فتالات	۵۵,۰۰۰ تن بر سال
کارون	MDI، TDI و اسید کلریدریک مایع	۱۵۳,۰۰۰ تن بر سال
آریا فسفریک	اسید فسفریک	۱۲۵,۰۰۰ تن بر سال
لاله	پلی‌اتیلن سبک	۳۰۰,۰۰۰ تن بر سال
خوزستان	پلی‌کربنات و رزین اپوکسی	۳۵,۰۰۰ تن بر سال

جدول فوق بر پایه ظرفیت‌های ثبت‌شده محصولات اصلی هر مجتمع تنظیم شده و در عمل، معادل برآورد افت ظرفیت در شوک اولیه است.

۳-۲-۴- برآورد زمان بازگشت مجتمع‌ها به مدار تولید در منطقه ماهشهر

در برآورد کارشناسی، مجتمع‌ها را از منظر بازگشت به مدار می‌توان به سه گروه تقسیم کرد.

۱) گروه اول: بازگشت سریع

این گروه شامل مجتمع‌هایی است که یا قابلیت تولید بخشی از یوتیلیتی را در داخل سایت دارند یا وابستگی آن‌ها به خوراک بین‌مجتمعی کمتر است و از نظر تنوع خوراک و محصول ساده‌تر هستند. در منطقه ماهشهر، پتروشیمی‌هایی مانند فارابی، شیمی‌بافت و آریا فسفریک را می‌توان در این دسته قرار داد.

۲) گروه دوم: بازگشت متوسط

این گروه شامل مجتمع‌هایی است که پیچیدگی متوسط دارند و اگر جریان یوتیلیتی حداقلی برقرار شود، می‌توانند پس از تثبیت بخشی از شبکه به مدار برگردند. در این دسته، پتروشیمی‌هایی مثل رازی، فن‌آوران، کارون و تا حدی مارون قرار می‌گیرند. البته در این گروه تفاوت‌های مهمی وجود دارد. پتروشیمی رازی به‌رغم داشتن ۳۹ مگاوات برق و ۶۶۰ تن بر ساعت بخار داخلی، به‌دلیل ماهیت پیوسته زنجیره آمونیاک/اوره و حساسیت فرآیندی، الزاماً جزء سریع‌ترین‌ها نیست، اما داشتن بخشی از یوتیلیتی داخلی می‌تواند بازگشت آن را نسبت به برخی مجتمع‌های فاقد این ظرفیت تسهیل کند. در مقابل، مارون با وجود اهمیت راهبردی، به‌دلیل قرارگرفتن در زنجیره‌های پلیمر و گلايکول و وابستگی فرایندی گسترده، احتمالاً برای رسیدن به بهره‌برداری پایدار زمان بیش‌تری نسبت به واحدهای ساده‌تر نیاز دارد.

۳) گروه سوم: بازگشت کند و زمان‌بر

در این دسته، مجتمع‌هایی قرار می‌گیرند که یا مستقیماً آسیب دیده‌اند یا چندزنجیره‌ای و بزرگ هستند یا راه‌اندازی آن‌ها به بازیابی کامل‌تر یوتیلیتی و خوراک وابسته است. مجتمع‌هایی مثل بوعلی سینا، بندر امام، امیرکبیر و رجال در این گروه قرار می‌گیرند.

- بندر امام یک مجموعه بسیار بزرگ و چندمحصولی با زنجیره‌های هم‌زمان آروماتیک، MTBE، SBR، PVC و پلی‌اتیلن است.
- بوعلی سینا گلوگاه آروماتیکی و برش‌های میانی منطقه است و در زنجیره‌های وابسته نقش بالادستی دارد.
- امیرکبیر در زنجیره الفین و پلی‌اتیلن نقش مهمی دارد و به پایداری چند خدمت هم‌زمان نیاز دارد.
- رجال هرچند از تعداد محصول نهایی محدودتر است و تک‌محصولی است اما جزء واحدهای زمان‌بر برای بازگشت محسوب می‌شود و به‌واسطه تولید محصول راهبردی پلی‌پروپیلن اهمیت پیدا می‌کند.

تخمین کارشناسی سرعت بازگشت مجتمع‌های ماهشهر به مدار در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸. تخمین کارشناسی سرعت بازگشت مجتمع‌های ماهشهر به مدار تولید

گروه	مجتمع‌ها	تخمین کارشناسی بازگشت
سریع	فارابی، شیمی‌بافت، آریا فسفریک، غدیر، نویدزرشیمی، لاله و تخت جمشید	در صورت برقراری حداقل یوتیلیتی و نبود آسیب مستقیم، امکان بازگشت زودتر و محدود
متوسط	اروند، رازی، فن‌آوران، کارون و مارون	نیازمند تثبیت بخشی از یوتیلیتی و خوراک؛ بازگشت مرحله‌ای

کند و زمان‌بر	بوعلی سینا، بندر امام، تندگویان، امیرکبیر و رجال	بازگشت دیرتر به دلیل آسیب مستقیم، پیچیدگی فرایند و وابستگی بالای زنجیره‌ای
---------------	--	--

یک مسئله‌ی دیگر که در خصوص زمان بازگشت به مدار مجتمع‌ها مطرح می‌شود این است که آیا وجود یوتیلیتی داخلی در مجتمع می‌تواند زمان بازگشت به مدار را کم کند؟ پاسخ کوتاه این است که بله، اما این امر فقط به صورت محدود و مرحله‌ای امکان‌پذیر است. برای نمونه طبق داده‌های موجود، در ظرفیت تولید مجتمع بندر امام ۲۵۶ مگاوات برق و ۲۱۰۰ تن بر ساعت بخار داخلی و برای پتروشیمی رازی نیز ۳۹ مگاوات برق و ۶۶۰ تن بر ساعت بخار ذکر شده است. پتروشیمی فارابی و شیمی‌بافت نیز قابلیت تولید بخشی از خدمات حرارتی خود را دارد. این ارقام نشان می‌دهد که بعضی مجتمع‌ها از نظر یوتیلیتی کاملاً صفر نیستند؛ اما مسئله اینجاست که برای بهره‌برداری پایدار، فقط برق یا فقط بخار کافی نیست و هم‌زمان به آب مناسب، نیتروژن، هوای ابزار دقیق، شبکه‌های کنترلی و ایمنی و نیز آرایش هماهنگ میان مجتمع‌ها نیاز است. بنابراین وجود یوتیلیتی داخلی می‌تواند به راه‌اندازی محدودتر، حفظ بخشی از تجهیزات در وضعیت ایمن، یا بازگشت سریع‌تر برخی خطوط کمک کند، اما جایگزین کامل فجر برای بازگشت به ظرفیت نامی نخواهد بود.

در مجموع باید گفت برآورد کارشناسی این است که در شوک اولیه، افت ظرفیت ماهشهر تقریباً معادل ظرفیت اسمی ثبت‌شده مجتمع‌ها خواهد بود و از این منظر، منطقه در عمل با توقف فراگیر مواجه می‌شود. در مرحله بعد، بازگشت به مدار واحدها، تابع سه عامل اصلی سطح آسیب، پیچیدگی فرایند و میزان یوتیلیتی داخلی و پشتیبان است. بر این اساس، واحدهای ساده‌تر یا دارای انعطاف بیشتر، زودتر و در ظرفیت محدود برمی‌گردند؛ واحدهای متوسط به بازگشت مرحله‌ای نیاز دارند و مجتمع‌های بزرگ، چندزنجیره‌ای و آسیب‌دیده مانند بوعلی، بندر امام، تندگویان، امیرکبیر و رجال دیرتر به مدار تولید پایدار بازخواهند گشت. بنابراین در تحلیل اختلال ماهشهر، نباید فقط به ظرفیت متأثر از آسیب توجه کرد؛ بلکه باید منحنی زمانی بازگشت ظرفیت را نیز در نظر گرفت، چرا که بخش بزرگی از خسارت واقعی صنعت از همین تأخیر در بازگشت به مدار ناشی خواهد شد.

فصل ۴. بررسی حمله به منطقه انرژی پارس (عسلویه / کنگان)

۴-۱- نقش مجتمع مبین انرژی خلیج فارس در منطقه

مبین انرژی خلیج فارس در عسلویه، در مقیاس منطقه‌ای نقشی مشابه مجتمع فجر در ماهشهر ایفا می‌کند؛ به دلیل تمرکز بالای واحدهای گازی و گستردگی زنجیره‌های تولیدی نظیر متانول، اوره، اتیلن، پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، گلاکول و آروماتیک‌ها در این منطقه، مجتمع مبین در عسلویه از اهمیت و جایگاه قابل توجهی برخوردار است. در عمل، این شرکت یکی از ارکان اصلی زیرساخت بهره‌برداری در منطقه به‌شمار می‌آید و پایداری عملیاتی بخش قابل توجهی از تولید پتروشیمی کشور به عملکرد آن وابسته است.

در مناطق پتروشیمی از جمله عسلویه، تولید فقط به دسترسی به گاز طبیعی، اتان یا خوراک‌های مایع محدود نیست، بلکه ادامه بهره‌برداری پایدار به وجود برق، بخار، آب خنک‌کن، آب بویلر، آب بدون املاح، نیتروژن، هوای ابزار دقیق و خدمات جانبی دیگر وابسته است. مبین این خدمات را در مقیاس متمرکز و برای چندین مجتمع به‌طور هم‌زمان فراهم می‌کند و به همین دلیل، اختلال در آن به‌سرعت از سطح یک واحد خدماتی عبور کرده و به یک چالش در کل منطقه انرژی پارس تبدیل می‌شود.

ابعاد کمی این نقش نیز قابل توجه است. در داده‌های موجود، برای مبین ۹۸۶ مگاوات برق و ۳,۲۱۵ تن بر ساعت بخار ثبت شده است. علاوه بر آن، مبین دارای ظرفیت بسیار بالا در حوزه آب خنک‌کن، آب بویلر، آب شیرین، آب بدون املاح، نیتروژن، هوای ابزار دقیق و هوای سرویس است. این مقیاس نشان می‌دهد که مبین فقط یک نیروگاه یا یک واحد بخار نیست، بلکه یک واحد کامل یوتیلیتی منطقه‌ای است که بخش مهمی از حیات صنعتی عسلویه را پشتیبانی می‌کند. از همین رو، هرگونه آسیب به مبین، چندین خدمت حیاتی را به‌طور هم‌زمان مختل می‌سازد.

ظرفیت‌های اصلی یوتیلیتی مبین انرژی خلیج فارس در جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول ۹. ظرفیت مجتمع تأمین یوتیلیتی مبین انرژی خلیج فارس

ظرفیت	خدمت یوتیلیتی
۹۸۶ مگاوات	برق
۳,۲۱۵ تن بر ساعت	بخار
۳۸۶,۰۰۰ مترمکعب بر ساعت	آب خنک‌کن once-through
۸۷,۰۰۰ مترمکعب بر ساعت	آب خنک‌کن مدار بسته
۲,۷۸۸ مترمکعب بر ساعت	آب بویلر
۲,۱۸۴ مترمکعب بر ساعت	آب شیرین

آب بدون املاح (DM)	۲,۰۷۰ مترمکعب بر ساعت
نیتروژن	۹۶,۰۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت
اکسیژن HP	۱۶۸,۰۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت
اکسیژن MP	۵۰,۴۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت
هوای ابزار دقیق	۲۲,۰۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت
هوای سرویس	۹,۰۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت

اهمیت مبین زمانی روشن تر می شود که در بستر زنجیره های مستقر در عسلویه تحلیل شود. مجتمع هایی مانند آریاساسول، جم، پلی پروپیلن جم، فرساشیمی، مروارید، مهر، پردیس، زاگرس، بوشهر، مرجان، سبلان، کیمیای پارس خاورمیانه، پارس، نوری، انتخاب، تخت جمشید عسلویه، دالاهو و پارس گلایکول در محیطی فعالیت می کنند که استمرار تولیدشان بدون تأمین پایدار یوتیلیتی ممکن نیست. به عنوان مثال، مبین در تأمین اکسیژن برای تولید متانول در واحدهایی مثل زاگرس نقش دارد و بخشی از زیرساخت مشترک چندین زنجیره مهم شامل متانول، اوره، پلی اتیلن، پلی پروپیلن، گلایکول، استایرن و آروماتیک ها در منطقه است. در نتیجه، اختلال در مبین فقط به افت تولید در یک یا دو مجتمع محدود نمی شود، بلکه می تواند هم زمان چندین زنجیره بزرگ گازپایه و میان دستی را با مشکل مواجه کند.

منطقه عسلویه، یک شبکه به هم پیوسته از واحدهای تولیدکننده خوراک، محصولات میان دستی و تکمیل کننده زنجیره است. در این منطقه، جریان هایی مانند اتان، اتیلن، پروپان، بوتان، بنزن، پارازیلن، استایرن، MEG، DEG، LPG و گاز طبیعی میان پالایشگاه ها، مجتمع های پتروشیمی و خطوط انتقال در گردش است. به همین دلیل، نقش مبین محدود به تأمین برق و بخار چند کارخانه نیست؛ این شرکت بستر کارکرد کل شبکه تبادل خوراک و تولید محصول در بخش مهمی از منطقه عسلویه را فراهم می کند.

اهمیت مبین انرژی از این جهت نیز برجسته است که منطقه عسلویه/کنگان به تنهایی حدود ۴۶.۳ میلیون تن ظرفیت پتروشیمی کشور را در خود جای داده و نزدیک به ۴۸ درصد کل ظرفیت صنعت در همین منطقه متمرکز است. در نتیجه، یکی از مراکز یوتیلیتی که استمرار کار چنین منطقه ای به آن وابسته باشد، خود به خود به یکی از مهم ترین دارایی های زیرساختی صنعت پتروشیمی ایران تبدیل می شود. از این منظر، مبین فقط یک شرکت ارائه دهنده خدمات جانبی نیست، بلکه بخشی از سازکار پایداری تولید نزدیک به نیمی از ظرفیت پتروشیمی کشور است.

از سوی دیگر، این واحد مزیت هایی مانند صرفه جویی مقیاس، کاهش هزینه سرمایه گذاری و بهبود بهره وری را برای منطقه ایجاد می کند؛ اما در شرایط بحرانی مانند آسیب مجتمع، همین تمرکز سبب می شود، مبین به یکی از مهم ترین گره های عملیاتی تبدیل شود. از آن جا که برق، بخار، آب، نیتروژن و هوای ابزار دقیق به طور

هم‌زمان از این هاب تأمین می‌شود، هرگونه اختلال در آن، تولید، کنترل، ایمنی فرایند و راه‌اندازی مجدد مجتمع‌ها را با مشکل روبه‌رو می‌سازد.

جایگاه عملیاتی مبین انرژی خلیج فارس در منطقه عسلویه در جدول ۱۰ تشریح شده است.

جدول ۱۰. جایگاه عملیاتی مبین انرژی خلیج فارس در منطقه عسلویه

مؤلفه	وضعیت/نقش
جایگاه منطقه‌ای	هاب مرکزی یوتیلیتی در بخش مهمی از منطقه عسلویه
ظرفیت برق	۹۸۶ مگاوات
ظرفیت بخار	۳,۲۱۵ تن بر ساعت
خدمات آبی	آب خنک‌کن، آب بویلر، آب شیرین، آب بدون املاح
گازهای صنعتی	نیتروژن
خدمات کنترلی	هوای ابزار دقیق، هوای سرویس
نقش عملیاتی	پشتیبانی از استمرار تولید چندین مجتمع بزرگ گازپایه و میان‌دستی
اثر اختلال	اختلال هم‌زمان در چند زنجیره مهم پتروشیمی منطقه

در نهایت باید گفت که مبین انرژی خلیج فارس با تجمیع برق، بخار، آب‌های فرایندی، نیتروژن و خدمات کنترلی، امکان بهره‌برداری از بخش بزرگی از زنجیره‌های گازپایه عسلویه را فراهم می‌کند. به همین دلیل، مبین انرژی را باید یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های صنعت پتروشیمی ایران دانست؛ زیرساختی که اختلال در آن می‌تواند به‌طور هم‌زمان بر تولید، خوراک بین‌مجتمعی، ایمنی، کنترل فرایند و بازگشت به مدار مجتمع‌های منطقه اثر بگذارد.

۴-۲- نقش مجتمع دماوند انرژی عسلویه در منطقه

دماوند انرژی عسلویه یکی از ارکان اصلی تأمین یوتیلیتی در منطقه عسلویه/ کنگان است و در کنار مبین انرژی، قابلیت عملیاتی‌سازی بخش مهمی از این هاب پتروشیمی را تشکیل می‌دهد. نقش دماوند در منطقه از جنس پشتیبانی فرعی نیست، بلکه این واحد مانند مجتمع مبین، بخشی از زیرساخت بهره‌برداری از عسلویه است؛ به این معنا که استمرار فعالیت مجتمع‌های پتروشیمی منطقه، نه‌فقط به خوراک گاز و میعانات گازی، بلکه به تأمین پایدار یوتیلیتی در مقیاس منطقه‌ای وابسته است و دماوند یکی از نقاط اصلی تأمین آن به شمار می‌رود.

در داده‌های موجود، برای دماوند ۶۴۸ مگاوات ظرفیت برق و ۷۸۰ متر مکعب بر ساعت ظرفیت بخار اعلام شده است. در اسناد فنی نیز به زیرساخت‌های گسترده آن در حوزه بخار، آب، RO، DM، جداسازی هوا، نیتروژن، اکسیژن و خدمات کنترلی اشاره شده است. به همین دلیل، دماوند را باید یک واحد کامل یوتیلیتی دانست که

صرفاً یک نیروگاه یا یک واحد تأمین بخار نیست، بلکه مجموعه‌ای از خدمات به‌هم‌پیوسته را برای مجتمع‌های منطقه فراهم می‌کند. اختلال در چنین مجموعه‌ای، به‌صورت هم‌زمان چند پیش‌شرط حیاتی بهره‌برداری را با مشکل مواجه می‌کند.

ظرفیت‌های اصلی مجتمع یوتیلیتی دماوند انرژی عسلویه در جدول ۱۱ نشان داده شده است.

جدول ۱۱. ظرفیت‌های اصلی مجتمع یوتیلیتی دماوند انرژی عسلویه

ظرفیت	خدمت یوتیلیتی
۶۴۸ مگاوات	برق
۷۸۰ مترمکعب بر ساعت	بخار
۲۴,۰۰۰ مترمکعب بر ساعت	آب‌گیری از دریا
۱,۸۰۰ مترمکعب بر ساعت	RO
۷۸۰ تن بر ساعت	DM
۷۸۰ مترمکعب بر ساعت	آب بدون املاح (DM)
۲۵,۲۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت	هوای ابزار دقیق
۶,۸۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت	Plant Air
۲۲۰,۰۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت	اکسیژن
۲۴,۰۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت	نیتروژن

از منظر ساختار عملیاتی، نقش دماوند در عسلویه به‌ویژه در تأمین خدمات پایه برای مجتمع‌های گازپایه و میان‌دستی اهمیت دارد. منطقه عسلویه تنها با دسترسی به خوراک پارس جنوبی کار نمی‌کند؛ استمرار تولید در آن مستلزم برق پایدار، بخار، آب با کیفیت‌های مختلف، نیتروژن، هوای ابزار دقیق و زیرساخت‌های ایمنی و کنترلی است. مجتمع دماوند بخشی از همین شبکه پشتیبان را در اختیار منطقه می‌گذارد و از این حیث در کنار مبین، یکی از دو رکن کلیدی زنده‌نگه‌دارنده تولید در عسلویه محسوب می‌شود. از همین رو هرگونه اختلال در دماوند، به‌جای آنکه فقط یک واحد را از مدار خارج کند، قابلیت بهره‌برداری مجموعه‌ای از مجتمع‌های منطقه را تضعیف می‌کند.

اهمیت دماوند زمانی روشن‌تر می‌شود که آن را در کنار مجتمع‌های مستقر در منطقه ببینیم. عسلویه/کنگان محل استقرار مجتمع‌هایی مانند آریاساسول، جم، پلی‌پروپیلن جم، مهر، فرساشیمی، مروارید، پارس گلایکول، پردیس، زاگرس، بوشهر، مرجان، سبلان، کیمیای پارس خاورمیانه، نوری، پارس، انتخاب، تخت‌جمشید عسلویه و دالاهو است. این واحدها در زنجیره‌های متانول، اوره، پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، گلایکول، استایرن و آروماتیک‌ها نقش دارند و عملکرد پایدار آن‌ها بدون تأمین یوتیلیتی ممکن نیست؛ به همین دلیل دماوند را باید بخشی از زیرساخت مشترک این سبد متنوع از زنجیره‌های راهبردی دانست.

دماوند در حوزه آب و گازهای صنعتی نیز جایگاهی کلیدی دارد. در اسناد فنی، به آب‌گیری از دریا با ظرفیت ۲۴ هزار مترمکعب در ساعت، تولید آب RO با ظرفیت ۱,۸۰۰ مترمکعب در ساعت و آب DM با ظرفیت ۷۸۰ مترمکعب در ساعت اشاره شده است. همچنین واحد جداسازی هوا با کمپرسورهای اصلی و بوستر و نیز مخازن بزرگ اکسیژن مایع و نیتروژن مایع برای شرایط اضطراری در این مجموعه پیش‌بینی شده است. این ارقام نشان می‌دهد که دماوند نه فقط در تأمین انرژی، بلکه در تأمین آب فرایندی، گازهای صنعتی و بخشی از پشتیبانی ایمنی منطقه نیز نقش دارد. از این رو، اختلال در آن، هم‌زمان روی بخار، آب، نیتروژن، اکسیژن و امکان کنترل و ایمنی فرایند اثر می‌گذارد.

یکی از مهم‌ترین وجوه نقش دماوند، سهم آن در حفظ قابلیت راه‌اندازی و بازگشت به مدار مجتمع‌های منطقه است. در عسلویه، بسیاری از واحدها فرایندهای پیوسته، چندمرحله‌ای و حساس دارند و بازگرداندن آن‌ها به مدار فقط با وجود برق کافی ممکن نیست. برق، بخار، آب مناسب، نیتروژن، هوای ابزار دقیق و خدمات کنترلی باید هم‌زمان در دسترس باشند تا راه‌اندازی ایمن و پایدار ممکن شود. به همین دلیل، دماوند در فرایند بازیابی تولید منطقه پس از اختلال نیز نقش کلیدی دارد. این ویژگی، جایگاه دماوند را از یک شرکت تأمین‌کننده خدمات به سطح یک دارایی راهبردی ارتقا می‌دهد.

به‌طور کلی نقش دماوند نیز از تمرکز بالای ظرفیت در عسلویه ناشی می‌شود. عسلویه/کنگان حدود ۴۶.۳ میلیون تن ظرفیت پتروشیمی را در خود جای داده و نزدیک به نیمی از کل ظرفیت صنعت پتروشیمی کشور در این منطقه متمرکز است. بنابراین هر هاب یوتیلیتی که استمرار کار این منطقه را پشتیبانی کند، در عمل بخشی از زیرساخت ملی صنعت پتروشیمی ایران است. دماوند از همین منظر، نه فقط برای خود عسلویه بلکه برای پایداری بخش بزرگی از تولید و صادرات پتروشیمی کشور اهمیت دارد.

جایگاه عملیاتی مجتمع دماوند انرژی عسلویه در منطقه انرژی پارس در قالب جدول ۱۲ بررسی شده است.

جدول ۱۲. جایگاه عملیاتی مجتمع دماوند انرژی عسلویه در منطقه انرژی پارس

مؤلفه	وضعیت/نقش
جایگاه منطقه‌ای	یکی از دو مرکز اصلی یوتیلیتی عسلویه در کنار مبین
ظرفیت برق	۶۴۸ مگاوات
خدمات بخار	ظرفیت بالا و منطقه‌ای برای پشتیبانی مجتمع‌ها
خدمات آبی	آب‌گیری دریا، RO، DM و آب فرایندی
گازهای صنعتی	نیتروژن، اکسیژن، زیرساخت جداسازی هوا
نقش عملیاتی	پشتیبانی از بهره‌برداری، ایمنی و بازیابی مجتمع‌های منطقه
اثر اختلال	اختلال هم‌زمان در برق، بخار، آب، گازهای صنعتی و کنترل فرایند

به عنوان جمع‌بندی باید گفت که دماوند انرژی عسلویه در منطقه انرژی پارس، نقش یک هاب کامل یوتیلیتی را ایفا می‌کند که برق، آب، بخار، گازهای صنعتی و خدمات پشتیبان بهره‌برداری را در مقیاس منطقه‌ای فراهم می‌سازد. این مجموعه در کنار مبین، ستون زیرساختی عسلویه است و بدون آن، بخشی مهم از مجتمع‌های گازپایه و میان‌دستی منطقه امکان ادامه کار پایدار، شات داون ایمن یا راه‌اندازی مجدد را از دست می‌دهند. از این رو، دماوند را باید یکی از مهم‌ترین دارایی‌های زیرساختی صنعت پتروشیمی ایران در عسلویه دانست.

از منظر مقایسه‌ای، مبین در بخش آب خنک‌کن، آب شیرین و آب بدون املاح نقش بسیار برجسته‌تری دارد و به‌نوعی هاب تأمین آب و بخار منطقه است. در مقابل، دماوند در کنار ظرفیت بالای برق، در حوزه آب‌گیری از دریا، RO و به‌ویژه زیرساخت جداسازی هوا و ذخیره اکسیژن و نیتروژن جایگاه ممتازی دارد. به همین دلیل، رابطه این دو مجموعه در عسلویه صرفاً رابطه دو تأمین‌کننده مشابه نیست، بلکه یک تقسیم کار زیرساختی میان دو هاب مکمل را نشان می‌دهد که هر کدام بخشی از بار پایداری عملیاتی منطقه را بر دوش دارند. اختلال در هر یک از این دو مجموعه، بخشی از تعادل کل یوتیلیتی منطقه را بر هم می‌زند اما اختلال هم‌زمان در هر دو، می‌تواند کل بهره‌برداری منطقه را مختل سازد.

در نهایت باید گفت که مجتمع‌های مبین و دماوند دو ستون اصلی تولید یوتیلیتی در منطقه عسلویه هستند. مبین با تمرکز بالا بر برق، بخار، آب خنک‌کن، آب بویلر، آب شیرین، آب بدون املاح، نیتروژن و هوای ابزار دقیق و دماوند با ظرفیت بالای برق، زیرساخت بخار، آب‌گیری، RO، DM و جداسازی هوا، در کنار هم معماری پشتیبان بهره‌برداری منطقه را شکل داده‌اند؛ به همین دلیل، هرگونه اختلال در این دو هاب، نه‌فقط خدمات جانبی، بلکه اساس قابلیت بهره‌برداری، ایمنی، کنترل و بازگشت به مدار مجتمع‌های عسلویه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۴-۳- مجتمع‌های وابسته به مبین و دماوند در عسلویه / کنگان

وابستگی مجتمع‌های پتروشیمی واقع شده در منطقه عسلویه/کنگان به مبین و دماوند از جنس وابستگی به یک خدمت فرعی نیست، بلکه اتکا به زیرساخت مشترکی است که برق، بخار، آب، نیتروژن، هوای ابزار دقیق و بخشی از الزامات ایمنی و کنترلی منطقه را فراهم می‌کند. به همین دلیل، مجتمع‌های مستقر در این منطقه را باید در مدار عملیاتی وابسته به این دو هاب یوتیلیتی تحلیل کرد؛ زیرا حتی در مواردی که یک مجتمع بخشی از خدمات را به‌طور محدود از درون سایت تأمین کند، ادامه بهره‌برداری پایدار و در ظرفیت مؤثر، بدون پایداری مبین و دماوند ممکن نیست.

بر اساس ساختار منطقه عسلویه/کنگان، مهم‌ترین مجتمع‌هایی که در زنجیره یوتیلیتی مبین و دماوند قرار می‌گیرند شامل آریاساسول، جم، پلی‌پروپیلن جم، مهر، فرساشیمی، مروارید، پارس گلایکول، پردیس، زاگرس،

بوشهر، مرجان، سبلان، کیمیای پارس خاورمیانه، پارس، نوری، انتخاب، تخت جمشید عسلویه، دالاهو و برخی دیگر از واحدهای مستقر در منطقه هستند. این فهرست نشان می‌دهد که وابستگی به مبین و دماوند، تنها مربوط به یک زنجیره خاص از محصولات پتروشیمی نیست، بلکه طیف بزرگی از زنجیره‌های متانول، اوره، اتیلن، پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، گلایکول، استایرن، پلی‌استایرن و آروماتیک‌ها را در بر می‌گیرد. به همین دلیل، هرگونه اختلال در این دو هاب یوتیلیتی، به‌جای اثرگذاری محدود بر چند مجتمع، به‌صورت منطقه‌ای بر کل تولید عسلویه اثر می‌گذارد.

برای فهم بهتر دامنه این وابستگی، می‌توان مجتمع‌های منطقه را بر اساس زنجیره دسته‌بندی کرد. در زنجیره متانول، مجتمع‌های زاگرس، سبلان، مرجان، کیمیای پارس خاورمیانه و بوشهر قرار دارند. در زنجیره اوره و آمونیاک، پردیس مهم‌ترین واحد منطقه است. در زنجیره الفین و پلیمرها، کاویان، آریاساسول، جم، مهر و پلی‌پروپیلن جم قرار می‌گیرند. در زنجیره گلایکول‌ها، فرساشیمی، مروارید و پارس گلایکول فعال‌اند. در زنجیره استایرن و پلی‌استایرن، پارس، انتخاب، تخت جمشید عسلویه و دالاهو قرار دارند. در زنجیره آروماتیک‌ها نیز نوری نقش محوری دارد. این گستره محصول نشان می‌دهد که مبین و دماوند، زیرساخت مشترک بخش عمده زنجیره‌های گازپایه و محصولات میان‌دستی و پایین‌دستی عسلویه را پشتیبانی می‌کنند.

از منظر کارکرد زنجیره‌ای، اهمیت این مجتمع‌ها در آن است که بسیاری از آن‌ها فقط تولیدکننده محصول نهایی نیستند، بلکه خود در نقش تولیدکننده خوراک بین مجتمعی یا حلقه میانی زنجیره عمل می‌کنند. کاویان در تولید اتیلن، پارس در استایرن، نوری در آروماتیک‌ها و برش‌های میانی و مجتمع‌های گلایکولی در تأمین مواد پایه برخی زنجیره‌های پایین‌دستی نقش دارند. در نتیجه، اختلال در یوتیلیتی مبین و دماوند نه فقط به کاهش ظرفیت تولید خود این مجتمع‌ها، بلکه به کاهش دسترسی به مواد میانی و خوراک برای سایر حلقه‌های منطقه نیز منجر می‌شود. این همان سازگاری است که اثر دومینویی و زنجیره‌ای اختلال را در عسلویه توضیح می‌دهد.

از منظر بازار داخلی و صادراتی نیز این وابستگی اهمیت بالایی دارد. مجتمع‌های متکی به مبین و دماوند، بخش عمده ظرفیت متانول، اوره، پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، گلایکول‌ها، استایرن و آروماتیک‌های کشور را در خود جای داده‌اند. بنابراین، اختلال در این دو هاب یوتیلیتی، فقط به کاهش تولید در محدوده عسلویه ختم نمی‌شود، بلکه به‌طور هم‌زمان بازار داخلی مواد اولیه، صادرات محصولات پتروشیمی و زنجیره‌های وابسته را نیز تحت فشار قرار می‌دهد. به همین دلیل، فهرست مجتمع‌های وابسته به مبین و دماوند، در واقع فهرست بخش مهمی از ظرفیت راهبردی صنعت پتروشیمی ایران است.

۴-۳-۱- واحدهای بالادستی و خوراک بین‌مجتمعی متأثر از اختلال در منطقه عسلویه/ کنگان

در منطقه عسلویه/ کنگان، اختلال در مبین و دماوند فقط به توقف تولید مجتمع‌های تولیدکننده محصولات نهایی منجر نمی‌شود، بلکه بخش مهمی از واحدهای بالادستی و گلوگاه‌های خوراک بین‌مجتمعی را نیز از مدار خارج می‌کند. اهمیت این موضوع در آن است که ساختار عسلویه بر پایه یک شبکه به‌هم‌پیوسته از خوراک، مواد میانی و محصولات پایه شکل گرفته است؛ به همین دلیل، هنگامی که یوتیلیتی متمرکز مختل می‌شود، فقط مصرف‌کنندگان نهایی آسیب نمی‌بینند، بلکه واحدهایی که اتیلن، استایرن، آروماتیک‌ها، گلایکول‌ها، گازهای مایع و دیگر جریان‌های میانی را برای سایر مجتمع‌ها تولید می‌کنند نیز دچار افت بار یا توقف می‌شوند و همین مسئله، اختلال را به‌صورت دومینویی در کل منطقه پخش می‌کند.

نخستین و مهم‌ترین گلوگاه بالادستی در این منطقه، پتروشیمی کاویان است که با ظرفیت ۲ میلیون تن اتیلن در سال یکی از اصلی‌ترین واحدهای تولیدکننده اتیلن کشور به شمار می‌رود. جایگاه کاویان در شبکه منطقه‌ای به این دلیل راهبردی است که اتیلن آن، خوراک مستقیم یا غیرمستقیم بخشی از زنجیره پلی‌اتیلن و دیگر واحدهای مرتبط در عسلویه را پشتیبانی می‌کند. بنابراین، هرگونه اختلال در یوتیلیتی منطقه که کاویان را از مدار خارج کند، فقط به توقف یک واحد بالادستی منجر نمی‌شود، بلکه بخشی از زنجیره الفین و پلیمر منطقه را نیز دچار افت تولید می‌کند.

در زنجیره استایرن و پلی‌استایرن، پتروشیمی پارس نقش گلوگاه خوراک اصلی را دارد. این مجتمع با ظرفیت ۶۰۰ هزار تن استایرن منومر در سال، خوراک اصلی بخشی از زنجیره پلی‌استایرن منطقه را فراهم می‌کند. در ادامه این زنجیره، مجتمع‌هایی مانند انتخاب، تخت‌جمشید عسلویه و دالاهو قرار دارند که هر یک در تولید انواع پلی‌استایرن نقش دارند. به همین دلیل، اختلال در پارس فقط کاهش استایرن منومر نیست، بلکه به‌صورت مستقیم بر تداوم کار واحدهای پایین‌دستی این زنجیره نیز اثر می‌گذارد.

در زنجیره آروماتیک‌ها و برش‌های میانی، پتروشیمی نوری مهم‌ترین گلوگاه تولیدکننده خوراک در منطقه است. نوری دارای ظرفیت ۴۳۰ هزار تن بنزن، ۷۵۰ هزار تن پارازیلن، ۳۸۰ هزار تن رافینیت، ۲ میلیون تن برش سنگین، ۶۸۰ هزار تن برش سبک، ۷۶ هزار تن گاز مایع و ۲۱ هزار تن پنتان است. مطابق این ارقام، نوری یکی از مهم‌ترین واحدهای تولیدکننده خوراک بین‌مجتمعی در عسلویه است. اختلال در پتروشیمی نوری، علاوه بر افت ظرفیت خود این مجتمع، می‌تواند به کمبود بنزن، پارازیلن و برخی برش‌های میانی برای زنجیره‌های پایین‌دستی و حتی برخی واحدهای خارج از منطقه منجر شود.

در زنجیره گلایکول‌ها نیز واحدهای فرساشیمی، مروارید و پارس گلایکول فقط تولیدکننده محصول نهایی تلقی نمی‌شوند، بلکه بخشی از خوراک و محصولات میان‌دستی زنجیره پلی‌استر و رزین‌های وابسته را فراهم می‌کنند.

این سه مجتمع در مجموع ظرفیت ۱.۴ میلیون تن MEG و ۱۴۰ هزار تن DEG دارند و توقف آن‌ها، فقط افت یک محصول پایه نیست، بلکه به معنای اختلال در بخش مهمی از زنجیره‌های پایین‌دستی وابسته به گلایکول‌ها در داخل کشور است. به همین دلیل، این مجتمع‌ها را نیز باید در زمره واحدهای بالادستی و میان‌دستی مهم متأثر از اختلال در یوتیلیتی منطقه قرار داد.

در زنجیره متانول، مجتمع‌های زاگرس، سبلان، مرجان، کیمیای پارس خاورمیانه و بوشهر هرچند در ظاهر بیشتر تولیدکننده محصول پایه نهایی‌اند، اما از منظر ساختار صنعتی، نقش بالادستی و خوراک برای بخشی از زنجیره‌های بعدی را نیز دارند. متانول در بسیاری از زنجیره‌های شیمیایی و تبدیل‌های بعدی نقش ماده پایه را ایفا می‌کند؛ بنابراین، اختلال در این واحدها فقط افت صادرات متانول نیست، بلکه فشار بر لایه‌های بعدی زنجیره را نیز به همراه دارد.

در زنجیره اوره و آمونیاک نیز پردیس جایگاه مجتمع بالادستی دارد. این مجتمع با ظرفیت ۳.۲۲۵ میلیون تن اوره یکی از بزرگ‌ترین واحدهای این زنجیره در کشور است. توقف یا افت شدید تولید آن به معنای اختلال در یک گلوگاه مهم از زنجیره محصولات نیتروژنی و کودهای شیمیایی است. به‌ویژه از آنجا که واحدهای این منطقه معمولاً به بخار، آب و یوتیلیتی پایدار حساس‌اند، اختلال در مبین و دماوند می‌تواند سرعت توقف و دشواری بازگشت آن‌ها را تشدید کند.

یکی دیگر از ابعاد مهم مسئله، خوراک‌های مشترک و شبکه‌های انتقال در عسلویه است. در این منطقه، جریان‌هایی مانند اتان، اتیلن، پروپان، بوتان، استایرن، بنزن، پارازیلن، پنتان، LPG و گاز طبیعی میان پالایشگاه‌های گازی، مجتمع‌های پتروشیمی و خطوط انتقال در گردش است. این ساختار نشان می‌دهد که اختلال در یوتیلیتی متمرکز، علاوه بر توقف مستقیم مجتمع‌ها، باعث قطع یا بی‌ثباتی همین شبکه خوراک بین‌مجتمعی می‌شود و دامنه اثر آن را افزایش می‌دهد.

مهم‌ترین واحدهای بالادستی و تولیدکننده خوراک متأثر از اختلال در منطقه عسلویه/کنگان در جدول ۱۳ بیان شده است.

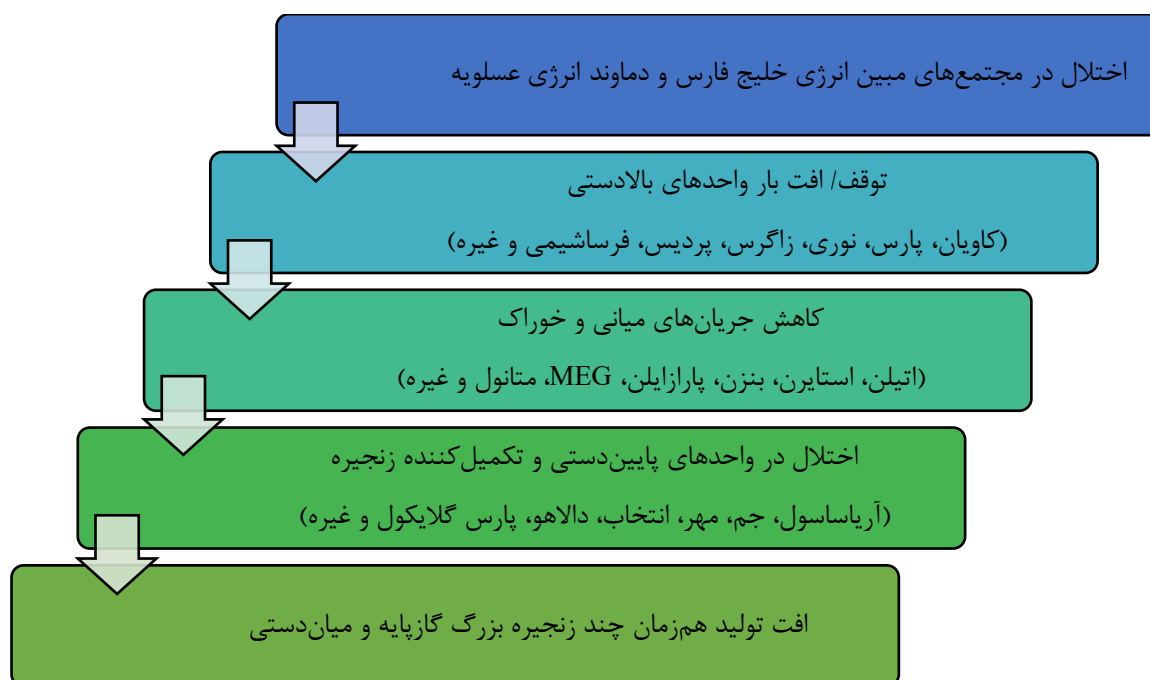
جدول ۱۳. مهم‌ترین واحدهای بالادستی و تولیدکننده خوراک متأثر از اختلال در منطقه عسلویه / کنگان

نقش در زنجیره	جریان‌های خوراکی / میانی مهم	مجتمع
گره اصلی خوراک در زنجیره الفین	اتیلن	کاویان
گره خوراکی در زنجیره پلی‌استایرن	استایرن منومر	پارس
گره آروماتیکی و تولیدکننده جریان‌های میانی	بنزن، پارازیلن، رافینیت، برش سبک، برش سنگین، LPG، پنتان	نوری
گره میانی در زنجیره گلایکول	DEG، MEG	فرساشیمی

مرورید	DEG, MEG	گره میانی در زنجیره گلایکول
پارس گلایکول	DEG, MEG	گره میانی در زنجیره گلایکول
زاگرس	متانول	گره بالادستی در زنجیره متانول
سبلان	متانول	گره بالادستی در زنجیره متانول
مرجان	متانول	گره بالادستی در زنجیره متانول
کیمیای پارس خاورمیانه	متانول	گره بالادستی در زنجیره متانول
بوشهر	متانول	گره بالادستی در زنجیره متانول
پردیس	اوره	گره اصلی در زنجیره اوره و آمونیاک

از منظر اثرپذیری، مهم‌ترین نکته این است که این واحدها عموماً پیش از واحدهای پایین‌دستی در اهمیت قرار می‌گیرند؛ زیرا توقف آن‌ها چندین حلقه بعدی را نیز دچار اختلال می‌کند. برای مثال، توقف کاویان مستقیماً به زنجیره اتیلن ضربه می‌زند، توقف پارس به زنجیره پلی‌استایرن، توقف نوری به زنجیره آروماتیک‌ها و برخی زنجیره‌های پایین‌دستی میعانات و توقف فرساشیمی، مرورید و پارس گلایکول به زنجیره پلی‌استر و رزین‌ها آسیب می‌زند. از این رو، در تحلیل اختلال عسلویه باید این واحدها را نقاط تشدیدکننده شوک دانست؛ تشدیدکننده شوک به معنی واحدهایی که افت تولید آن‌ها اثر چندبرابری در سطح منطقه انرژی پارس ایجاد می‌کند.

منطق سرایت اختلال از واحدهای تأمین یوتیلیتی به کل زنجیره در منطقه عسلویه/کنگان در قالب شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. سرایت اختلال از واحدهای تأمین یوتیلیتی به کل زنجیره در منطقه عسلویه/کنگان

به عنوان جمع‌بندی در این بخش باید گفت که واحدهای بالادستی و خوراک بین‌مجتمعی متأثر از اختلال در عسلویه/کنگان، همان بخش‌هایی هستند که منطقه را از یک خوشه تولیدی ساده به یک شبکه پیچیده و زنجیره‌ای تبدیل می‌کنند. کاوین، پارس، نوری، واحدهای گلایکولی، واحدهای متانولی و پردیس، مهم‌ترین گلوگاه‌های این شبکه‌اند و توقف یا افت تولید آن‌ها فقط به کاهش محصول محدود نمی‌شود، بلکه به کمبود خوراک و مواد میانی برای دیگر واحدها نیز منجر می‌شود؛ به همین دلیل، اختلال در مجتمع‌های یوتیلیتی مبین و دماوند در عسلویه، ماهیتی زنجیره‌ای دارد و ضربه آن بسیار فراتر از توقف چند مجتمع منفرد است.

۴-۳-۲- محصولات نهایی متأثر از اختلال در عسلویه

همان‌طور که بیان شد، اختلال در عسلویه/کنگان، به دلیل تمرکز بالای واحدهای گازپایه و میان‌دستی، فقط به کاهش چند محصول محدود منجر نمی‌شود، بلکه سببی از محصولات پایه و نهایی را هم‌زمان تحت تأثیر قرار می‌دهد. برآورد موجود نشان می‌دهد که مهم‌ترین افت ظرفیت مستقیم در این منطقه مربوط به استایرن منومر و پلی‌استایرن، MEG، DEG و پلی‌پروپیلن است. در کنار این موارد، باید توجه داشت که در عسلویه بخش بزرگی از ظرفیت پتروشیمی‌های متانولی و اورهای کشور نیز متمرکز است؛ بنابراین اختلال در یوتیلیتی مرکزی منطقه، به‌طور طبیعی بر این دو زنجیره نیز اثر می‌گذارد؛ هرچند در جدول محصولات راهبردی متأثر از آسیب منطقه، تمرکز اصلی بر محصولاتی بوده که اثر سریع‌تری بر صنایع پایین‌دستی داخلی دارند.

بزرگ‌ترین افت ظرفیت ثبت‌شده برای عسلویه مربوط به پلی‌اتیلن است. در برآورد موجود، حدود ۱ میلیون و ۵۰۰ هزار تن در سال از ظرفیت پلی‌اتیلن منطقه در معرض کاهش قرار می‌گیرد. این کاهش عمدتاً به اختلال

در مجتمع‌هایی مانند آریاساسول، جم و مهر مربوط می‌شود که در مجموع بخش مهمی از تولید پلی‌اتیلن سبک، سنگین و متوسط کشور را در اختیار دارند. افت این ظرفیت به‌طور مستقیم بر بازار لوله، فیلم، بسته‌بندی، مخازن، قطعات پلاستیکی و طیف وسیعی از صنایع پایین‌دستی اثر می‌گذارد. اما با توجه با ظرفیت پتروشیمی‌های سایر مناطق، این کمبود قابل جبران خواهد بود و مشکلی برای صنایع پایین‌دستی ایجاد نخواهد کرد.

دومین گروه، استایرن منومر و پلی‌استایرن است که افت ظرفیت آن حدود ۹۱۵ هزار تن در سال برآورد شده است. این رقم، حاصل اختلال در زنجیره‌ای است که از پتروشیمی پارس به‌عنوان تولیدکننده استایرن منومر آغاز می‌شود و در مجتمع‌هایی مانند انتخاب، تخت‌جمشید عسلویه و دالاهو ادامه می‌یابد. اهمیت این زنجیره در آن است که استایرن و پلی‌استایرن در بسته‌بندی، مواد عایق، قطعات صنعتی، لوازم خانگی و بخشی از صنایع مصرفی کاربرد گسترده دارند. بنابراین افت تولید محصولات این زنجیره در عسلویه، فشار مستقیم بر چندین بازار پایین‌دستی را به همراه دارد.

در زنجیره گلایکول‌ها نیز افت ظرفیت عسلویه بسیار قابل توجه است. برآورد ثبت‌شده برای MEG و DEG حدود ۹۹۰ هزار تن در سال است. این افت به مجتمع‌های فرساشیمی، مروارید و پارس گلایکول مربوط می‌شود که در مجموع یکی از مهم‌ترین کانون‌های تولید گلایکول در کشور را تشکیل می‌دهند. این محصولات در زنجیره پلی‌استر، رزین‌ها، الیاف، بسته‌بندی و برخی کاربردهای شیمیایی اهمیت دارند. از این رو، کاهش آن‌ها می‌تواند به‌صورت زنجیره‌ای بر تولیدات پایین‌دستی اثر بگذارد.

در مورد پلی‌پروپیلن نیز برآورد کاهش ظرفیت منطقه عسلویه حدود ۳۰۰ هزار تن در سال ثبت شده است که عمدتاً به پلی‌پروپیلن جم مربوط می‌شود. پلی‌پروپیلن از جمله پلیمرهای پرکاربرد در صنایع بسته‌بندی، قطعات خودرو، لوازم خانگی، الیاف، محصولات تزریقی و کاربردهای مهندسی است. هرچند از نظر عددی این افت نسبت به پلی‌اتیلن و گلایکول‌ها کمتر است، اما از منظر کاربرد صنعتی و اثرگذاری بر بازار مواد اولیه، یکی از کاهش‌های مهم منطقه به شمار می‌رود.

در کنار این گروه‌ها، عسلویه یکی از مهم‌ترین مراکز تولید متانول و اوره کشور نیز هست. تنها در زنجیره متانول، مجتمع‌های زاگرس، سبلان، مرجان، کیمیای پارس خاورمیانه و بوشهر روی هم بیش از ۹.۹ میلیون تن ظرفیت دارند و در زنجیره اوره نیز پردیس با ۳.۲۲۵ میلیون تن ظرفیت در این منطقه حضور دارد. از منظر تحلیلی، تردیدی نیست که اختلال در یوتیلیتی منطقه، بخش بزرگی از ظرفیت متانول و اوره عسلویه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. به همین دلیل، سبد محصولات دچار کاهش تولید در عسلویه را باید فراتر از چهار گروه اصلی ثبت‌شده در جدول ۲ دید و آن را شامل بخشی از ظرفیت محصولات پایه صادرات‌محور نیز دانست.

مجتمع‌های اصلی مرتبط با هر زنجیره در منطقه عسلویه در جدول ۱۴ نشان داده شده است.

جدول ۱۴. مجتمع‌های اصلی مرتبط با هر زنجیره در منطقه عسلویه

گروه محصول	مجتمع‌های اصلی مرتبط
پلی‌اتیلن	آریاساسول، جم و مهر
پلی‌پروپیلن	پلی‌پروپیلن جم
MEG و DEG	فرساشیمی، مروارید و پارس گلایکول
استایرن و پلی‌استایرن	پارس، انتخاب، تخت جمشید عسلویه و دالاهو
متانول	زاگرس، سبلان، مرجان، کیمیای پارس خاورمیانه و بوشهر
اوره	پردیس
آروماتیک‌ها	نوری

محصولات نهایی که در نتیجه اختلال در منطقه انرژی پارس دچار افت تولید می‌شوند، نشان می‌دهد که این منطقه دربرگیرنده زنجیره‌های گازپایه و میان‌دستی کشور است. پلی‌اتیلن، گلایکول‌ها، استایرن، پلی‌استایرن و پلی‌پروپیلن، مهم‌ترین گروه‌های دچار کاهش ظرفیت هستند؛ اما در کنار آن‌ها، بخش مهمی از ظرفیت متانول و اوره نیز در معرض اختلال قرار می‌گیرد. به همین دلیل، اختلال در عسلویه هم‌زمان بر چندین زنجیره پایین‌دستی داخلی و چند محصول عمده صادرات‌محور پتروشیمی ایران اثر می‌گذارد.

۴-۳-۳- برآورد میزان افت ظرفیت تولید در عسلویه

برآورد میزان افت ظرفیت تولید در عسلویه باید بر پایه یک واقعیت ساختاری انجام شود. منطقه عسلویه/کنگان یک هاب بزرگ گازپایه است که پایداری عملیاتی آن به یوتیلیتی متمرکز، شبکه خوراک بین‌مجتمعی و چند گلوگاه بالادستی وابسته است. به همین دلیل، اختلال در مبین و دماوند می‌تواند به توقف فراگیر منطقه بینجامد. پس از حمله دشمن به منطقه عسلویه و کنگان، عملاً تمام تولید منطقه متوقف شد و از این رو، ظرفیت این منطقه تا بازگشت پلکانی به شرایط عادی از ظرفیت کل صنعت پتروشیمی کشور کاسته شده است. بنابراین نقطه شروع برآورد آن است که در شوک اولیه، افت ظرفیت منطقه را باید تقریباً برابر با ظرفیت ثبت‌شده آن در نظر گرفت.

ظرفیت اسمی ثبت‌شده برای منطقه عسلویه/کنگان حدود ۴۶.۳ میلیون تن در سال است که از این مقدار حدود ۳۳.۸ میلیون تن به واحدهای بالادستی، ۸.۶ میلیون تن به واحدهای میان‌دستی و ۶۰۰ هزار تن به واحدهای پایین‌دستی مربوط می‌شود. بر این اساس، اگر منطقه در اثر اختلال یوتیلیتی به توقف فراگیر دچار شود، افت ظرفیت اولیه را باید در همان مقیاس ۴۶.۳ میلیون تن در سال برشمرد. این عدد به‌تنهایی نشان

می‌دهد که عسلویه نزدیک به ۴۸.۲ درصد کل ظرفیت صنعت پتروشیمی کشور را در خود جای داده و بنابراین افت تولید آن، معادل آسیب به حدود نیمی از صنعت پتروشیمی است.

از منظر نوع محصولات، مهم‌ترین افت ظرفیت مستقیم در عسلویه مربوط به MEG، DEG، استایرن منومر، پلی‌استایرن و پلی‌پروپیلن است. ارقام ثبت‌شده برای این گروه‌ها به‌ترتیب شامل ۹۹۰ هزار تن MEG و DEG، ۹۱۵ هزار تن استایرن منومر و پلی‌استایرن و ۳۰۰ هزار تن پلی‌پروپیلن است. جمع این چهار گروه به حدود ۳۷۰۵ میلیون تن در سال می‌رسد. این رقم را نه کل افت ظرفیت منطقه، بلکه باید حداقل افت ظرفیت در محصولات راهبردی پایین‌دستی عسلویه دانست زیرا در کنار این گروه‌ها، بخش بزرگی از متانول، اوره، آروماتیک‌ها و سایر محصولات پایه منطقه نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرند.

در زنجیره متانول، افت ظرفیت بسیار قابل توجه است. فقط در پنج مجتمع زاگرس، سبلان، مرجان، کیمیای پارس خاورمیانه و بوشهر، روی هم بیش از ۹.۹ میلیون تن ظرفیت متانول متمرکز شده است. با توجه به اینکه این واحدها همگی در محیط وابسته به یوتیلیتی مرکزی قرار دارند، در سناریوی اختلال فراگیر عسلویه باید این بخش را نیز عملاً در زمره ظرفیت‌های در معرض توقف دانست. از این رو، اگر محصولات پایه صادرات‌محور را نیز به برآورد اضافه کنیم، سهم افت ظرفیت عسلویه فراتر از محصولات راهبردی خواهد رفت.

در زنجیره اوره نیز وضعیت مشابه است. پتروشیمی پردیس به‌تنهایی ۳۲۲۵ میلیون تن ظرفیت اوره دارد و بخشی بسیار مهم از زنجیره آمونیاک/اوره کشور را تشکیل می‌دهد. اختلال در یوتیلیتی منطقه، به‌ویژه در بخار، آب با کیفیت مناسب و برق، می‌تواند این زنجیره را با توقف یا افت شدید تولید مواجه کند. بنابراین در برآورد جامع افت ظرفیت عسلویه، زنجیره اوره را نیز باید جزو بخش‌های به‌شدت متأثر در نظر گرفت.

در زنجیره الفین و خوراک‌های میانی نیز افت ظرفیت تنها به پلیمرهای نهایی محدود نمی‌شود. کاویان با ۲ میلیون تن ظرفیت اتیلن یکی از گلوگاه‌های اصلی خوراک در منطقه است و اختلال در آن، علاوه بر افت مستقیم ظرفیت این مجتمع، می‌تواند زنجیره پلی‌اتیلن و بخشی از مصرف‌کنندگان اتیلن را نیز تحت فشار قرار دهد. به همین ترتیب، پارس با ۶۰۰ هزار تن استایرن منومر و نوری با ظرفیت‌های بالا در بنزن، پارازیلن، برش‌های سبک و سنگین، رافینیت و سایر جریان‌های میانی، بخشی از ظرفیت منطقه را در قالب خوراک‌ها و محصولات میان‌دستی نمایندگی می‌کنند.

از منظر تحلیلی، برآورد افت ظرفیت عسلویه را می‌توان در سه سطح دید. سطح اول، افت مستقیم محصولات راهبردی پایین‌دستی است که حدود ۳۷۰۵ میلیون تن برآورد شده است. سطح دوم، اضافه‌شدن زنجیره‌های محصولات پایه و صادرات‌محور مانند متانول و اوره است که افت ظرفیت را چندین میلیون تن دیگر افزایش می‌دهد و سطح سوم، افت ظرفیت منطقه‌ای کل است که با توجه به توقف یوتیلیتی مرکزی، عملاً می‌تواند تا

سقف ۴۶.۳ میلیون تن ظرفیت اسمی منطقه در شوک اولیه برسد. به بیان دیگر، اگرچه در سطح محصول نهایی می‌توان چند گروه اصلی را برجسته کرد، اما از منظر منطقه‌ای، افت ظرفیت عسلویه در سناریوی اختلال کامل، ماهیتی فراگیر دارد.

۴-۴- برآورد زمان بازگشت مجتمع‌ها به مدار تولید در منطقه عسلویه/کنگان

کارشناسی انجام شده برای تخمین زمان بازگشت مجتمع‌ها بر پایه نوع فرایند، شدت وابستگی به یوتیلیتی، نقش در زنجیره و دشواری راه‌اندازی انجام شده است.

• گروه اول: بازگشت سریع

در این گروه، واحدهایی قرار می‌گیرند که تک‌محصولی‌تر و راه‌اندازی ساده‌تر دارند؛ البته این گزاره مشروط به آن است که خوراک آن‌ها از واحدهای بالادستی نیز در دسترس قرار گیرد. در منطقه عسلویه، پتروشیمی‌هایی مانند آریا ساسول و مهر را می‌توان در این دسته قرار داد.

• گروه دوم: بازگشت متوسط

این گروه شامل مجتمع‌هایی است که هرچند فرایند آن‌ها ساده است، اما همچنان به خوراک بالادستی، پایداری بخار، آب و یوتیلیتی منطقه‌ای وابستگی قابل توجه دارند. در این دسته می‌توان جم، فرساشیمی، مروارید و پارس گلاپکول را قرار داد. انتظار می‌رود در صورت بازآرایی هوشمند یوتیلیتی و تثبیت برخی جریان‌های خوراک، این گروه به‌صورت مرحله‌ای به مدار برگردند.

• گروه سوم: بازگشت کند و زمان‌بر

در این دسته، واحدهایی قرار می‌گیرند که یا بالادستی و تولیدکننده خوراک هستند یا فرایندهای پیوسته و پرهزینه برای توقف و راه‌اندازی مجدد دارند. بر این اساس می‌توان پتروشیمی‌هایی مانند پارس و نوری در این گروه قرار داد.

تخمین کارشناسی سرعت بازگشت مجتمع‌های عسلویه/کنگان به مدار در جدول ۱۵ نشان داده شده است.

جدول ۱۵. تخمین کارشناسی سرعت بازگشت مجتمع‌های عسلویه/کنگان

گروه	تخمین کارشناسی بازگشت
سریع	در صورت تأمین حداقل خوراک و یوتیلیتی، امکان بازگشت محدود و زودتر
متوسط	بازگشت مرحله‌ای پس از تثبیت بخشی از یوتیلیتی و خوراک
کند و زمان‌بر	بازگشت دیرتر به دلیل فرایند پیوسته، بار یوتیلیتی بالا، نقش خوراکی و بازراه‌اندازی پرهزینه

فصل ۵. تحلیل شبکه‌ای اثر دومینویی اختلال یوتیلیتی

۵-۱- توقف واحدهای دارای وابستگی مستقیم

نخستین لایه اثر اختلال در یوتیلیتی متمرکز، توقف واحدهایی است که به صورت مستقیم به خدماتی مانند برق، بخار، آب صنعتی، آب DM و RO، نیتروژن و هوای ابزار دقیق وابسته‌اند. در چنین موقعیتی توقف ارائه یک خدمت جانبی، سبب از بین رفتن پیش‌شرط‌های اصلی ادامه کار واحد می‌شود. در ماهشهر، اختلال در فجر به توقف تقریباً تمام مجتمع‌های منطقه منجر می‌شود و در عسلویه نیز اختلال در مبین و دماوند می‌تواند عملاً تمام تولید منطقه را از مدار خارج کند. این وابستگی مستقیم، منشأ شکل‌گیری اثر دومینویی است، زیرا واحدهایی که برای ادامه تولید، تنها به یوتیلیتی مشترک متکی‌اند، پیش از دیگران با افت بار یا شات داون مواجه می‌شوند.

از منظر فنی، وابستگی مستقیم به یوتیلیتی به این معنا است که حتی اگر تجهیزات فرایندی واحد از نظر فیزیکی سالم باشند، باز هم امکان ادامه تولید وجود ندارد. پمپ‌ها، کمپرسورها، الکتروموتورها، ولوهای کنترلی، بویلرها، برج‌ها، مبدل‌ها و سامانه‌های ابزار دقیق همگی به برق، بخار، آب، نیتروژن و هوای ابزار دقیق وابسته‌اند. به همین دلیل، قطع یوتیلیتی در عمل واحد را از بهره‌برداری پایدار خارج می‌کند. این مسئله برای مجتمع‌های پیوسته و بزرگ که به پایداری هم‌زمان چند خدمت نیاز دارند، شدیدتر است و در واحدهای پایین‌دستی و کوچک‌تر نیز به صورت افت ظرفیت یا توقف مرحله‌ای ظاهر می‌شود.

۵-۲- توقف واحدهای تولیدکننده خوراک بین‌مجتمعی

لایه دوم اثر دومینویی، توقف واحدهایی است که صرفاً تولیدکننده محصول نهایی نیستند، بلکه خوراک و جریان‌های میانی را برای دیگر مجتمع‌ها فراهم می‌کنند. در ماهشهر، مجتمع‌هایی مانند بوعلی سینا، بندر امام، مارون، امیرکبیر، فن‌آوران و شیمی‌بافت در این دسته قرار می‌گیرند. این مجتمع‌ها جریان‌هایی مانند بنزن، پارازیلین، رافینیت، متانول، MTBE، MEG، DEG، بوتادین، بوتن-۱ و دیگر مواد میانی را برای زنجیره‌های دیگر فراهم می‌کنند. در عسلویه نیز کاویان، پارس، نوری، فرساشیمی، مروارید، پارس گلایکول، زاگرس و پردیس از جمله گلوگاه‌های خوراک و محصولات بالادستی مهم‌اند که توقف آن‌ها فقط به کاهش تولید محصول نهایی یک مجتمع محدود نمی‌شود.

در واقع منطق زنجیره‌ای و دومینویی از همین‌جا شکل می‌گیرد؛ هنگامی که واحد تولیدکننده خوراک متوقف می‌شود، حتی مجتمع پایین‌دستی که از نظر یوتیلیتی هنوز امکان تولید محدود داشته باشد نیز با توقف تولید مواجه می‌شود. برای مثال، توقف کاویان به زنجیره اتیلن و پلی‌اتیلن ضربه می‌زند، توقف پتروشیمی پارس،

زنجیره استایرن و پلی‌استایرن را مختل می‌کند، توقف نوری بر بخشی از آروماتیک‌ها و برش‌های میانی اثر می‌گذارد و توقف مارون و بوعلی در ماهشهر به زنجیره‌های گلایکول، آروماتیک، پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن فشار وارد می‌کند. بنابراین اثر اختلال یوتیلیتی از سطح واحد مصرف‌کننده مستقیم عبور کرده و به سطح شبکه خوراک و محصول میانی سرایت می‌کند.

۵-۳- اختلال در راه‌اندازی مجدد، توقف ایمن و پایداری سایت

سومین لایه اثر دومینویی، مربوط به فرایند توقف ایمن و بازگشت به مدار است. در صنعت پتروشیمی، توقف واحد فقط به معنای خاموش شدن واحد به شکل لحظه‌ای نیست. شات داون ایمن نیازمند برق پایدار برای سامانه‌های کنترلی، بخار برای تعادل حرارتی، نیتروژن برای inerting و purge، هوای ابزار دقیق برای عملکرد ولوها و عملگرها و آب مناسب برای پشتیبانی از سامانه‌های فرایندی و حفاظتی است. اگر تأمین این خدمات هم‌زمان مختل شود، خود فرایند توقف می‌تواند با نایمینی، افت کنترل یا ریسک بالاتر حادثه همراه شود. از این رو، اختلال در یوتیلیتی، کیفیت و ایمنی فرایند توقف را نیز تضعیف می‌کند.

همین منطق در مورد راه‌اندازی مجدد نیز برقرار است. واحدهای پتروشیمی، به‌ویژه در زنجیره‌های متانول، الفین، آمونیاک، آروماتیک‌ها و برخی واحدهای چندمرحله‌ای، برای بازراه‌اندازی به یوتیلیتی پایدار و هم‌زمان نیاز دارند. به همین دلیل، حتی اگر بخش‌هایی از تجهیزات فیزیکی سالم بمانند، اختلال در برق، بخار، آب، نیتروژن و هوای ابزار دقیق باعث می‌شود راه‌اندازی مجدد زمان‌بر و پیچیده شود.

این اختلال همچنین پایداری کلی سایت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. وقتی یوتیلیتی متمرکز از مدار خارج شود، هر مجتمع، توانایی خود برای حفظ شرایط پایدار فشار، دما، کنترل مخازن، خطوط و تجهیزات را نیز از دست می‌دهد. به همین دلیل، در تحلیل شبکه‌ای باید میان توقف تولید و از دست رفتن پایداری سایت تفکیک قائل شد؛ زیرا مورد دوم دامنه بحران را گسترش می‌دهد و بازگشت منطقه به شرایط عادی را دشوارتر می‌سازد.

۵-۴- اختلال در خدمات ایمنی، آتش‌نشانی و محیط‌زیست

چهارمین لایه اثر دومینویی، مربوط به خدماتی است که در نگاه اول شاید ارتباط مستقیم با فرایند تولید نداشته باشد اما برای پایداری منطقه حیاتی هستند. آتش‌نشانی، خدمات ایمنی و تصفیه پساب از این دست خدمات محسوب می‌شوند. در منطقه ماهشهر، فجر علاوه بر برق و بخار، آب آتش‌نشانی، آب بهداشتی و تصفیه پساب صنعتی و بهداشتی را تأمین می‌کند. در عسلویه نیز بخشی از زیرساخت‌های آب، جداسازی هوا، خدمات کنترلی و پشتیبانی ایمنی در دل مبین و دماوند قرار دارد. بنابراین، اختلال در این هاب‌ها علاوه بر کاهش

تولید، ظرفیت منطقه برای مهار حادثه، واکنش به آتش‌سوزی، کنترل نشت و حفظ الزامات محیط‌زیستی را نیز تضعیف می‌کند.

اختلال در آب آتش‌نشانی به این معناست که اگر پس از حمله یا در جریان شات داون واحدها حادثه‌ای مانند حریق، نشت یا انفجار رخ دهد، منطقه با توان کمتری برای پاسخ مواجه خواهد شد. همچنین اگر تصفیه پساب صنعتی و بهداشتی مختل شود، ریسک محیط‌زیستی و محدودیت در ادامه بهره‌برداری نیز افزایش می‌یابد. به این ترتیب، اثر اختلال یوتیلیتی به معنی کاهش تاب‌آوری ایمنی و محیط‌زیستی سایت است. این امر، سطح ریسک را از حوزه اقتصادی و صنعتی به حوزه ایمنی عمومی و مدیریت بحران نیز منتقل می‌کند.

از منظر شبکه‌ای نیز اهمیت این مسئله قابل توجه است؛ چراکه هرچه پایداری خدمات ایمنی و محیط‌زیستی ضعیف‌تر شود، راه‌اندازی مجدد واحدها نیز با ملاحظات بیش‌تر، تأخیر بیش‌تر و ریسک بالاتر مواجه خواهد شد و باعث فرسایش ظرفیت پدافند صنعتی منطقه در برابر حوادث ثانویه نیز می‌شود.

چهار لایه اصلی اثر دومینویی اختلال در تأمین یوتیلیتی در جدول ۱۶ بیان شده است.

جدول ۱۶. چهار لایه اصلی اثر دومینویی اختلال تأمین یوتیلیتی

پیامد اصلی	تبعات	لایه اثر
افت بار یا توقف مستقیم مجتمع‌ها	قطع برق، بخار، آب، نیتروژن و هوای ابزار دقیق	توقف وابستگی مستقیم
قطع خوراک بین‌مجتمعی و تشدید اختلال	از مدار خارج شدن گلوگاه‌های بالادستی و میانی	توقف واحدهای خوراک‌دهنده
توقف ناایمن‌تر، راه‌اندازی زمان‌برتر	کاهش کنترل، بخار، نیتروژن، هوای ابزار دقیق و پایداری سایت	اختلال در توقف و بازراه‌اندازی
کاهش تاب‌آوری سایت و افزایش ریسک حادثه ثانویه	تضعیف آتش‌نشانی، آب اضطراری و تصفیه پساب	اختلال در ایمنی و محیط‌زیست

در نهایت و به‌عنوان جمع‌بندی این فصل باید گفت که اثر اختلال یوتیلیتی در ماهشهر و عسلویه، ماهیتی کاملاً شبکه‌ای و چندلایه دارد. این اثر به توقف واحدهای تأمین خوراک و قطع جریان‌های میانی سرایت می‌کند و به تبع آن، توقف ایمن و راه‌اندازی مجدد را با مشکل مواجه می‌سازد؛ در نهایت خدمات ایمنی، آتش‌نشانی و محیط‌زیست منطقه را نیز تضعیف می‌کند. به همین دلیل، حمله به مراکز یوتیلیتی معادل با حمله به معماری بهره‌برداری منطقه‌ای صنعت پتروشیمی است. هنگامی که این معماری مختل شود، اثر آن کل شبکه تولید، خوراک، ایمنی و بازیابی منطقه را به‌صورت زنجیره‌ای درگیر خواهد کرد.

فصل ۶. نقش میعانات گازی در تشدید اثر حمله به مناطق پتروشیمی

در کنار آسیب مناطق ماهشهر و عسلویه، حمله به پالایشگاه‌های گازی فازهای ۳، ۴، ۵ و ۶ پارس جنوبی یک لایه مهم‌تر از بحران را فعال می‌کند که فقط محدود به خود بخش گاز نیست. بر مبنای برآوردهای اولیه، این حملات علاوه بر کاهش تولید گاز در کشور، حدود ۲۰۰ هزار بشکه در روز از ظرفیت تولید میعانات گازی کشور را تحت تأثیر قراردادده است. اثر این رخداد دوگانه است؛ از یک‌سو خوراک پتروشیمی‌های گازپایه کشور را محدود می‌کند و از سوی دیگر، زنجیره خوراک مایع و آروماتیکی را نیز تحت فشار قرار می‌دهد. در این میان، تأمین خوراک مجتمع‌های آروماتیکی نوری و بوعلی به‌عنوان حلقه میانی و تأمین‌کننده خوراک و مواد پایه برای حدود ۲۳ مجتمع پتروشیمی دیگر همچون امیرکبیر، جم و تندگویان از نکات مهم خواهد بود.

۶-۱- جایگاه پتروشیمی‌های نوری و بوعلی در مصرف میعانات گازی

در زنجیره میعانات گازی صنعت پتروشیمی ایران، پتروشیمی‌های نوری و بوعلی سینا، دو گلوگاه اصلی مصرف مستقیم میعانات هستند. در داده‌های موجود، تراز میعانات گازی برای سال ۱۴۰۴ به‌گونه‌ای ترسیم شده که از کل تولید حدود ۷۱۵ هزار بشکه‌ای در روز، سهم مصرف نوری و بوعلی در مجموع حدود ۱۳۵ هزار بشکه در روز در نظر گرفته شده است؛ در حالی که این عدد در سال ۱۴۰۲ حدود ۱۲۴ هزار بشکه در روز بوده است. بررسی جریان خوراک بین مجتمعی نشان می‌دهد که این دو مجتمع، از مهم‌ترین نقاط اتصال میان میعانات گازی و زنجیره پتروشیمی کشور هستند و هرگونه اختلال در خوراک میعانات یا در خود این دو مجتمع، به‌طور مستقیم بخشی از ظرفیت تبدیل میعانات به محصولات پتروشیمی را از مدار خارج می‌کند.

پتروشیمی نوری در عسلویه و بوعلی در ماهشهر، هر دو در زنجیره آروماتیک‌ها و برش‌های میانی نقش محوری دارند. محصولات این دو مجتمع در جدول ۱۷ نشان داده شده است.

جدول ۱۷. محصولات پتروشیمی‌های نوری و بوعلی و ظرفیت تولید سالانه آن‌ها

ظرفیت تولید (تن در سال)	محصول	پتروشیمی
۴۳۰,۰۰۰	بنزن	نوری
۷۵۰,۰۰۰	پارازایلن	
۲,۰۰۰,۰۰۰	برش سنگین	
۳۸۰,۰۰۰	رافینیت	
۷۶,۰۰۰	گاز مایع	
۲۱,۰۰۰	پنتان	
۶۸۰,۰۰۰	برش سبک	
۱۷۹,۰۰۰	بنزن	بوعلی سینا

۴۰۰,۰۰۰	پارازایلن	
۳۰,۰۰۰	ارتوزایلن	
۳۵۰,۰۰۰	برش سبک	
۱۹۹,۰۰۰	رافینیت	
۳۹,۰۰۰	گاز مایع	
۲۱,۰۰۰	پنتان	
۴۹۹,۸۰۰	برش سنگین	

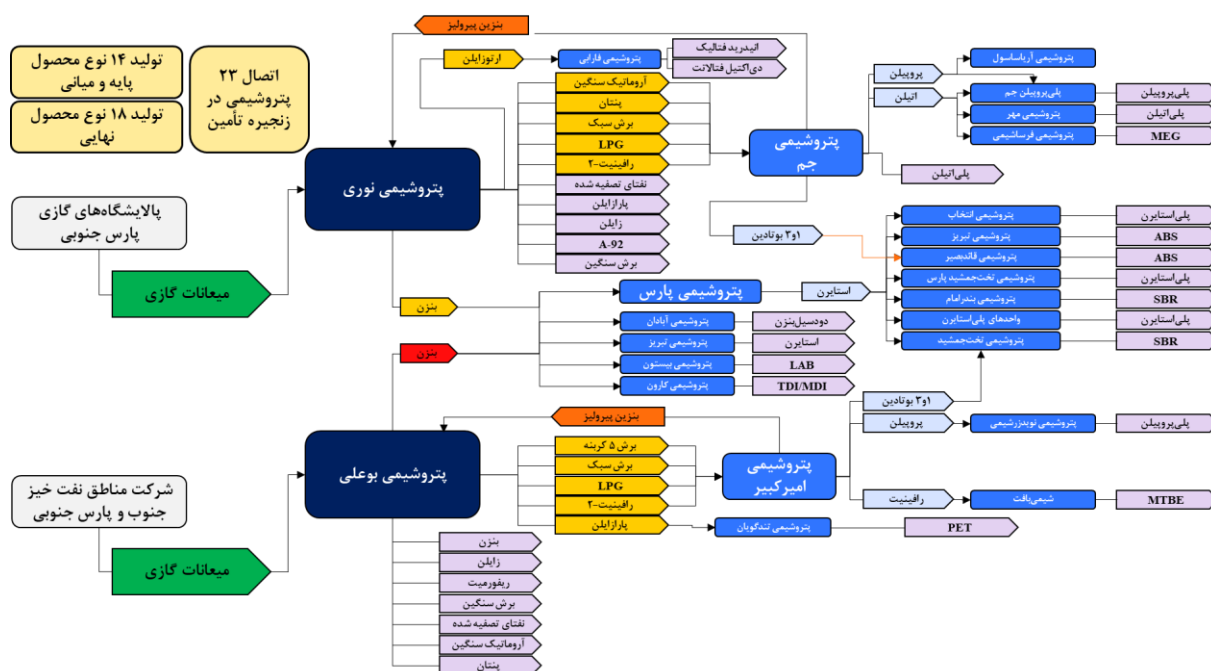
مطابق آنچه در جدول ۱۷ آورده شده است، این دو پتروشیمی، میعانات را به یک سبد متنوع از جریان‌های میانی و محصولات پایه تبدیل می‌کنند که در زنجیره‌های متعدد دیگر به کار می‌روند.

۲-۶- اتصال زنجیره میعانات گازی به سایر مجتمع‌های پتروشیمی

این نکته قابل توجه است که خروجی پتروشیمی‌های نوری و بوعلی به زنجیره گسترده‌ای از واحدهای دیگر متصل می‌شود. بررسی جریان خوراک در ماهشهر و عسلویه، نشان از شبکه‌ای بودن مسیر تبدیل میعانات دارد که در آن نوری و بوعلی، برش‌هایی مانند بنزن، پارازایلن، رافینیت-۲، برش سبک، پنتان، LPG و بنزین پیرولیز را به زنجیره‌های دیگر تزریق می‌کنند. این جریان‌ها سپس به مجتمع‌هایی مانند پارس، جم، آریاساسول، فرساشیمی، مهر، پلی‌پروپیلن جم، تندگویان، امیرکبیر، نویدزرشیمی، شیمی‌بافت و کارون متصل می‌شوند و در مسیرهای مختلف به استایرن، پلی‌استایرن، ABS، پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن، MEG، PET، MTBE، TDI، MDI و دیگر محصولات تبدیل می‌شوند.

در این شبکه، پارس از بنزن برای زنجیره استایرن استفاده می‌کند، جم و آریاساسول در زنجیره اتیلن و پلی‌اتیلن قرار می‌گیرند، فرساشیمی در زنجیره گلایکول‌ها، مهر در پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن جم در زنجیره پروپیلن، تندگویان در زنجیره PET، امیرکبیر در پلی‌اتیلن و برش‌های C4، نویدزرشیمی در پلی‌پروپیلن، شیمی‌بافت در MTBE و کارون در TDI و MDI قرار می‌گیرد. بنابراین زنجیره میعانات گازی فقط یک مسیر آروماتیکی ساده نیست، بلکه به چندین زنجیره پلیمری، شیمیایی و میان‌دستی کشور وصل است. همین موضوع باعث می‌شود اختلال در میعانات یا در گره‌های مصرف‌کننده آن، اثرات چندلایه و شبکه‌ای ایجاد کند.

جریان خوراک میعانات گازی در صنعت پتروشیمی در نمودار ۲ رسم شده است.



نمودار ۲. جریان خوراک میعانات گازی در صنعت پتروشیمی

گره‌های اصلی زنجیره میعانات گازی در صنعت پتروشیمی کشور در قالب جدول ۱۸ نشان داده شده است.

جدول ۱۸. گره‌های اصلی زنجیره میعانات گازی در صنعت پتروشیمی کشور

گره/مجموع	نقش در زنجیره میعانات گازی
نوری	مصرف مستقیم میعانات و تولید بنزن، پارازیلن، رافینیت و برش‌های سبک و سنگین
بوعلی سینا	مصرف مستقیم میعانات گازی و تولید بنزن، پارازیلن، ارتوزایلن، رافینیت و برش‌های سبک و سنگین
پارس	استفاده از جریان‌های آروماتیکی در زنجیره استایرن
جم	اتصال به زنجیره الفین و پلیمرهای مرتبط
آریاساسول	اتصال به زنجیره پلی اتیلن
فرساشیمی	اتصال به زنجیره گلاکول
مهر	اتصال به زنجیره پلی اتیلن
پلی پروپیلن جم	اتصال به زنجیره پروپیلن/پلی پروپیلن
تندگویان	اتصال به زنجیره PET
امیرکبیر	اتصال به زنجیره پلی اتیلن و برش‌های C4
نویدزرشیمی	اتصال به زنجیره پلی پروپیلن
شیمی‌بافت	اتصال به زنجیره MTBE
کارون	اتصال به زنجیره مواد شیمیایی خاص و ایزوسیانات‌ها

۶-۲-۱- پیامد اختلال ماهشهر و عسلویه بر زنجیره ارزش میعانات گازی

هنگامی که مناطق ماهشهر و عسلویه هم‌زمان دچار اختلال می‌شوند، زنجیره میعانات گازی از دو سمت آسیب می‌بیند. از یک سو در عسلویه، پتروشیمی نوری و زنجیره‌های متأثر از آن دچار اختلال می‌شوند و از سوی دیگر در ماهشهر، پتروشیمی بوعلی سینا و حلقه‌های پایین‌دستی متصل به آن از مدار خارج یا با افت تولید شدید مواجه می‌شوند. در نتیجه، زنجیره تبدیل میعانات به آروماتیک‌ها، جریان‌های میانی و سپس پلیمرها و محصولات پایین‌دستی نیز به‌صورت دومینویی مختل می‌شود.

اثر این اختلال فقط در افت تولید بنزن، پارازیلن و رافینیت خلاصه نمی‌شود بلکه در ادامه‌ی زنجیره، تولید محصولاتی مانند استایرن و پلی‌استایرن، PET، پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن، MTBE، TDI و MDI دچار اختلال می‌شود، بنابراین اگر در بخشی از فصل‌های قبل، اختلال یوتیلیتی به‌عنوان علت توقف مجتمع‌ها مطرح بود، در این فصل روشن می‌شود که اختلال در زنجیره میعانات، یک لایه دوم از فشار را بر همان شبکه وارد می‌کند. یعنی حتی اگر بخشی از یوتیلیتی احیا شود، کمبود یا ناپایداری خوراک میعانات و مشتقات آن می‌تواند خود به یک عامل محدودکننده مستقل برای بازگشت زنجیره تبدیل شود.

فصل ۷. برآورد میزان از کار افتادگی صنعت پتروشیمی کشور

اثر حمله بر صنعت پتروشیمی ایران را نمی‌توان با قطعیت بالا تحلیل کرد؛ زیرا شدت واقعی اختلال تابع زمان است. در روزها و هفته‌های نخست، مسئله اصلی از مدار خارج شدن هم‌زمان مجتمع‌های تأمین یوتیلیتی، خوراک بین‌مجتمعی و بخشی از گلوگاه‌های بالادستی است؛ اما هرچه افق زمانی جلوتر می‌رود، مسئله از توقف ناشی از شوک اولیه به اختلال ناشی از دشواری بازیابی و سپس به افت ساختاری ناشی از فرسایش شبکه تبدیل می‌شود. به همین دلیل، برآورد درست باید در سه بازه ۰ تا ۳ ماه، ۳ تا ۱۲ ماه و ۱۲ تا ۲۴ ماه انجام شود. مبنای این سناریوبندی آن است که سطح آسیب و میزان اثرگذاری و اثرپذیری پتروشیمی‌های مختلف در این دو منطقه متفاوت است، لذا بازگشت به مدار آن‌ها نیز تابع زمان و برای هر واحد ممکن است تفاوت داشته باشد.

۷-۱- سناریوی کوتاه‌مدت: ۰ تا ۳ ماه

در بازه صفر تا سه‌ماه، صنعت با شوک حاد عملیاتی روبه‌رو است. در این دوره، مسئله اصلی همچنان فقدان یوتیلیتی پایدار است؛ یعنی برق، بخار، آب صنعتی، آب DM و RO، نیتروژن، هوای ابزار دقیق، آب آتش‌نشانی و بخشی از خدمات محیط‌زیستی منطقه به سطحی نرسیده که امکان بهره‌برداری عادی را فراهم کند. به همین دلیل، حتی مجتمع‌هایی که از نظر فیزیکی تخریب نشده‌اند نیز عملاً قادر به تولید پایدار نیستند. در این بازه، اختلال در فجر، مبین و دماوند، اثر خود را به‌صورت توقف مستقیم مجتمع‌ها، خاموش شدن واحدهای تولیدکننده خوراک و قطع جریان‌های بین‌مجتمعی نشان می‌دهد. در چنین شرایطی، افت واقعی تولید می‌تواند به سطوحی نزدیک به ظرفیت در معرض اختلال برسد، یعنی در عمل بخش عمده همان ۷۵ درصد ظرفیت وابسته به دو هاب اصلی برای مدتی از مدار بهره‌برداری خارج می‌شود.

در این دوره، برخی واحدها در صورت تأمین یوتیلیتی خود یا به عنوان مثال استفاده از یوتیلیتی‌های پورتابل^{۱۶}، می‌توانند در اواخر بازه سه‌ماهه به‌صورت محدود احیا شوند، اما بازگشت این واحدها نیز منوط به آن است که هم یوتیلیتی حداقلی برقرار شود و هم خوراک آن‌ها دوباره در دسترس قرار گیرد. به همین دلیل، هرچند برخی مجتمع‌ها می‌توانند در انتهای این بازه علائم بازگشت نشان دهند، اما هسته اصلی زنجیره همچنان غیرفعال یا ناپایدار باقی می‌ماند.

¹⁶ Portable Utilities

۷-۲- سناریوی میان مدت: ۳ تا ۱۲ ماه

در بازه سه تا دوازده ماه، صنعت از فاز شوک مستقیم وارد فاز بازیابی نامتوازن می‌شود. در این دوره، بخشی از یوتیلیتی احیا شده و برخی مجتمع‌ها به صورت مرحله‌ای بازخواهند گشت اما شبکه هنوز به حالت پایدار پیش از بحران نرسیده است. در این سناریو، شکاف اصلی میان مجتمع‌هایی که بازاراندازی ساده‌تر و در حلقه‌های ابتدایی زنجیره قرار دارند با مجتمع‌هایی که فرایند پیوسته و وابسته به زنجیره‌های بالادستی هستند شکل می‌گیرد. در این بازه، افت واقعی تولید به‌جای آنکه در سطح شوک اولیه باقی بماند، به سطحی نزدیک به ۵۰ تا ۶۰ درصد کل صنعت میل می‌کند.

ویژگی مهم این سناریو آن است که اختلال دیگر صرفاً ناشی از تخریب اولیه نیست، بلکه از دشواری بازسازی شبکه‌ای ناشی می‌شود. به واسطه ماهیت زنجیره صنعت پتروشیمی، واحدها فقط با تعمیر یک بخش به حالت عادی برنمی‌گردد؛ برای مثال، بازگشت یک واحد پلیمر ممکن است به احیای پتروشیمی کاویان یا پارس وابسته باشد و بازگشت یک زنجیره آروماتیکی به احیای نوری یا بوعلی نیاز داشته باشد. همچنین در این بازه، ناترازی میعانات گازی و عدم قطعیت در خوراک قابل تخصیص به پتروشیمی، خود به یک عامل محدودکننده مستقل تبدیل می‌شود. بنابراین در میان مدت، مسئله صنعت از توقف مستقیم به ناتوانی در بازسازی کامل شبکه خوراک و یوتیلیتی تبدیل می‌شود.

۷-۳- سناریوی بلند مدت: ۱۲ تا ۲۴ ماه

در بازه دوازده تا بیست و چهار ماه، صنعت پتروشیمی وارد مرحله‌ای می‌شود که باید آن را فاز بازیابی ساختاری نامید. در این بازه دیگر مسئله اصلی، تعطیلی و توقف تولید واحدها این نیست، بلکه این چالش مطرح است که آیا شبکه ماهشهر و عسلویه توانسته به سطحی از تأمین یوتیلیتی، خوراک و قابلیت بهره‌برداری برسد که زنجیره‌ها دوباره بتوانند با منطق پیشین کار کنند یا همچنان قابلیت بهره‌برداری کامل وجود ندارد. اگر در این بازه، برخی گلوگاه‌های اصلی در بالادست همچنان ناپایدار باقی مانده باشند، صنعت با یک اختلال طولانی مدت مواجه می‌شود که دیگر فقط یک وقفه موقت نیست، بلکه به افت ساختاری ظرفیت قابل بهره‌برداری تبدیل می‌شود. در این سناریو، بخشی از ظرفیت اسمی صنعت ممکن است روی کاغذ برقرار باشد، اما در عمل به دلیل ناپایداری برق و بخار، کمبود خوراک‌های میانی، فرسایش تجهیزات ناشی از توقف‌های طولانی و دشواری بازاراندازی واحدهای پیوسته، به ظرفیت مؤثر تولید تبدیل نشود.

اختلال بلند مدت از چند مسیر شکل می‌گیرد. نخست، ذات پیوسته بودن تولید در صنعت پتروشیمی و وابستگی بالای واحدها به تأمین یوتیلیتی پایدار است؛ واحدهای متانول، الفین، آمونیاک، آروماتیک و برخی زنجیره‌های میانی، به سادگی خاموش و روشن نمی‌شوند و هر بار توقف و راه‌اندازی، هزینه و ریسک عملیاتی بالایی دارد.

دوم، ماهیت شبکه‌ای زنجیره خوراک است؛ یعنی حتی اگر یک مجتمع آماده راه‌اندازی باشد، ممکن است خوراک بین‌مجتمعی آن هنوز در دسترس نباشد. سوم، ریسک ناترازی میعانات و خوراک مایع است که با آسیب به پالایشگاه‌های گازی عسلویه تشدید شده و باعث می‌شود بخشی از زنجیره آروماتیک و مشتقات آن دیرتر به تعادل برسد. چهارم، فرسایش ظرفیت بازیابی است؛ یعنی هرچه اختلال طولانی‌تر شود، نگهداشت ایمن، حفظ نیروی انسانی، استمرار تعمیرات و حفظ و نگهداری تجهیزات سخت‌تر می‌شود و خود زمان به یک عامل تشدیدکننده اختلال تبدیل می‌گردد؛ بنابراین در سناریوی بلندمدت، مشکل صنعت فارغ از تعمیر خرابی‌ها به از دست‌رفتن انسجام عملیاتی شبکه تبدیل خواهد شد.

در هر سه سناریوی مطرح شده، ظرفیت در معرض اختلال تقریباً ثابت می‌ماند، زیرا این شاخص ناشی از تمرکز جغرافیایی صنعت در دو هاب اصلی کشور است. این ظرفیت همان حدود ۷۲.۱ میلیون تن یا ۷۵ درصد کل صنعت است. اما افت واقعی تولید، متغیری پویا است و با گذر زمان تغییر می‌کند. در افق ۰ تا ۳ ماه، افت واقعی می‌تواند در سطحی نزدیک به ظرفیت در معرض اختلال بماند؛ در افق ۳ تا ۱۲ ماه، این افت به محدوده ۵۰ تا ۶۰ درصد میل می‌کند و در افق ۱۲ تا ۲۴ ماه، نتیجه نهایی به این بستگی دارد که آیا شبکه یوتیلیتی، خوراک و گلوگاه‌های بالادستی واقعاً احیا می‌شوند یا صنعت وارد فاز افت ساختاری می‌شود. به بیان دیگر، عدد ۷۵ درصد از ریسک تمرکز ناشی می‌شود اما شکل واقعی بحران در هر افق زمانی باید با شاخص افت واقعی تولید سنجیده شود.

سناریوبندی زمانی اختلال صنعت پتروشیمی کشور در قالب جدول ۱۹ به‌طور خلاصه بیان شده است.

جدول ۱۹. سناریوبندی زمانی اختلال صنعت پتروشیمی کشور

سناریو	بازه زمانی	ماهیت اختلال	برآورد کیفی افت واقعی تولید
کوتاه‌مدت	۰ تا ۳ ماه	شوک حاد، توقف مستقیم و ناتوانی در بهره‌برداری پایدار	بسیار بالا؛ نزدیک به ظرفیت در معرض اختلال
میان‌مدت	۳ تا ۱۲ ماه	بازیابی نامتوازن، احیای محدود و ادامه اختلال در گره‌های اصلی	بالا؛ حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد
بلندمدت	۱۲ تا ۲۴ ماه	احیای تدریجی شبکه یا تثبیت افت ساختاری	وابسته به احیای یوتیلیتی و خوراک

ماهیت هر سه سناریوی مندرج در جدول ۱۹ در اصل به این بستگی دارد که این دو مرکز چگونه و با چه سرعتی احیا شوند. در افق کوتاه‌مدت، تقریباً کل ظرفیت این دو منطقه از منظر عملیاتی دچار اختلال می‌شود؛ در افق میان‌مدت، بخشی از ظرفیت‌ها احیا می‌شوند و در افق بلندمدت، سرنوشت صنعت به این وابسته است که آیا گلوگاه‌های اصلی یوتیلیتی، خوراک بین‌مجتمعی و خوراک مایع دوباره به سطحی از پایداری می‌رسد که

زنجیره‌ها بتوانند منطق عادی کار خود را بازیابند یا همچنان نیازمند زمان خواهیم بود. از این رو، اختلال طولانی‌مدت دقیقاً از همان جا شکل می‌گیرد که بازسازی شبکه از بازسازی یک مجتمع منفرد دشوارتر می‌شود. در نهایت با توجه به نکات فوق باید گفت که در افق ۰ تا ۳ ماه، صنعت پتروشیمی با اختلالی از جنس توقف فراگیر روبه‌رو است. در افق ۳ تا ۱۲ ماه، بحران به ناتوانی در بازسازی کامل شبکه خوراک و یوتیلیتی تبدیل می‌شود و در افق ۱۲ تا ۲۴ ماه، اگر گره‌های اصلی همچنان ناپایدار بمانند، اختلال از حالت موقت به افت ساختاری تبدیل می‌شود؛ بنابراین دلیل اصلی طولانی‌شدن بحران، معماری متمرکز و شبکه‌ای صنعت پتروشیمی ایران در دو هاب اصلی خود است و هنگامی که این معماری آسیب می‌بیند، بازگشت به مدار نیز لزوماً هم‌زمان، سریع و یکنواخت نخواهد بود.

فصل ۸. مدیریت تأمین محصولات صنعت پتروشیمی در شرایط حساس

بررسی بازار محصولات پتروشیمی طی سال‌های اخیر نشان می‌دهد پاسخگویی زنجیره تأمین برخی محصولات در برابر عدم قطعیت‌های موجود، وضعیت مطلوبی ندارد و در صورت وقوع پیشامدهایی مانند تحریم، جنگ، اختلال حمل و نقل، محدودیت بیمه، اختلال در نقل و انتقال ارزی، کاهش دسترسی به فروشندگان خارجی و توقف یا افت تولید داخلی، تأمین این محصولات می‌تواند با چالش جدی مواجه شود. اهمیت این موضوع در شرایط جنگی از آن جهت است که اختلال در تأمین محصولات پتروشیمی فقط از مسیر کاهش تولید داخلی ایجاد نمی‌شود، بلکه بخشی از محصولات راهبردی از قبل نیز وارداتی یا وابسته به واردات گریدهای خاص بوده‌اند و با دشوار شدن مسیرهای تجارت خارجی، تأمین آن‌ها زودتر از سایر اقلام دچار اختلال می‌شود.

بنابراین در تحلیل آثار جنگ بر بازار محصولات پتروشیمی باید میان دو منشأ متفاوت کمبود، تفکیک قائل شد. منشأ نخست، محصولات وارداتی راهبردی است؛ یعنی محصولاتی که یا در داخل کشور تولید نمی‌شوند یا ظرفیت تولید داخلی آن‌ها پاسخگوی نیاز نیست یا صنایع پایین‌دستی به گریدهای خاص وارداتی آن‌ها وابسته‌اند. منشأ دوم، محصولات پرمصرف داخلی است که در حالت عادی بخش مهمی از نیاز کشور از محل تولید داخلی آن‌ها تأمین می‌شود، اما در شرایط جنگی به دلیل آسیب به هاب‌های پتروشیمی ماهشهر و عسلویه، اختلال در تأمین یوتیلیتی، محدودیت برق، کاهش خوراک و دشواری راه‌اندازی مجدد مجتمع‌ها با افت عرضه مواجه می‌شوند.

در گروه نخست، محصولات وارداتی راهبردی شامل سوپر جاذب‌ها، اکریلونیتریل، پت بطری، پت نساجی، اکریلونیتریل بوتادین استایرن^{۱۷}، پلی پروپیلن، پلی یورتان، PVC، EPS^{۱۸} و EVA^{۱۹} است. این محصولات از منظر سیاست صنعتی فقط به دلیل ارزش وارداتی اهمیت ندارند، بلکه به دلیل نقش آن‌ها در تکمیل زنجیره ارزش، تأمین نیاز صنایع بهداشتی، بسته‌بندی، نساجی، خودرو، لوازم خانگی، ساختمان، تجهیزات پزشکی، عایق کاری و تولید پلیمرهای مهندسی، واجد اهمیت راهبردی هستند. بر اساس دسته‌بندی زنجیره‌ای، اکریلونیتریل و EVA در گروه محصولات واسطه‌ای و گلوگاهی قرار می‌گیرند؛ پت بطری، پت نساجی، پلی پروپیلن، PVC و EPS در گروه پلیمرهای عمومی و پرمصرف قرار دارند؛ و سوپر جاذب‌ها، ABS و پلی یورتان نیز به‌عنوان پلیمرها و مواد تخصصی با ارزش افزوده بالا شناخته می‌شوند.

در گروه دوم، سه محصول PET، PP و PVC باید به‌عنوان محصولات داخلی در معرض کمبود ناشی از افت تولید مورد توجه قرار گیرند. این سه محصول از یک‌سو در صنایع پایین‌دستی پرمصرف‌اند و از سوی دیگر،

^{۱۷} Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)

^{۱۸} Expandable Polystyrene

^{۱۹} Ethylene Vinyl Acetate

بخشی از ظرفیت تولید و شبکه خوراک بین‌مجتمعی آن‌ها به مناطق متأثر از آسیب یوتیلیتی وابسته است. در نتیجه، اگر بازسازی و راه‌اندازی واحدهای مرتبط با این سه زنجیره به‌موقع انجام نشود، بحران از سطح کاهش تولید پتروشیمی فراتر رفته و به کمبود مواد اولیه در صنایع بسته‌بندی، نساجی، ساختمان، خودرو، تجهیزات پزشکی، لوازم خانگی و کالاهای مصرفی منتقل می‌شود.

اهمیت این موضوع با توجه به ابعاد کلی بحران روشن‌تر می‌شود. عسلویه و ماهشهر در مجموع حدود ۷۲.۱ میلیون تن ظرفیت سالانه، یعنی نزدیک به ۷۵ درصد ظرفیت کل صنعت پتروشیمی کشور را در خود جای داده‌اند و برآوردها نشان می‌دهد که در سناریوی عملیاتی، افت واقعی تولید صنعت می‌تواند در بازه ۵۰ تا ۶۰ درصد قرار گیرد. صنعت پتروشیمی ایران در شرایط عادی صنعتی حدود ۲۴ میلیارد دلاری بوده که حدود ۱۱ میلیارد دلار آن به تأمین بازار داخلی و حدود ۱۳ میلیارد دلار آن به صادرات اختصاص داشته است. در سناریوی افت تولید ۶۰ درصدی، ارزش تولید صنعت به حدود ۹.۶ میلیارد دلار کاهش می‌یابد و کشور علاوه بر از دست دادن بخش اصلی صادرات، ممکن است به ۴ تا ۶ میلیارد دلار واردات جبرانی محصولات پایه، واسطه‌ای و گریدهای خاص برای حفظ بازار داخلی نیاز پیدا کند.

۸-۱- محصولات وارداتی راهبردی و آسیب‌پذیری آن‌ها در شرایط جنگ

در شرایط جنگی، نخستین لایه آسیب‌پذیری مربوط به محصولاتی است که تأمین آن‌ها حتی پیش از وقوع بحران نیز به واردات یا واردات گریدهای خاص وابسته بوده است. این گروه از محصولات ممکن است بدون آنکه الزاماً واحد داخلی تولیدکننده آن‌ها آسیب دیده باشد، به دلیل محدودیت تجارت خارجی، افزایش ریسک حمل، دشواری بیمه، اختلال پرداخت ارزی، عدم همکاری فروشندگان خارجی، افزایش زمان حمل و محدودیت در مسیرهای لجستیکی دچار کمبود شوند.

سوپرجاذب‌ها از جمله محصولات تخصصی و با ارزش افزوده بالا هستند که در تولید پوشک کودک، نوار بهداشتی، محصولات بهداشتی بزرگسالان، پدهای پزشکی و همچنین در کشاورزی برای حفظ رطوبت خاک و تولید هیدروژل‌های کشاورزی کاربرد دارند. کمبود این محصول در شرایط جنگی می‌تواند مستقیماً صنایع بهداشتی، پزشکی و بخشی از کشاورزی را تحت فشار قرار دهد.

اکریلونیتریل نیز یک محصول واسطه‌ای گلوگاهی در زنجیره پروپیلن است و برای تولید ABS، SAN²⁰، الیاف اکریلیک و لاستیک نیتریل کاربرد دارد. بنابراین اختلال در تأمین آن، تولید قطعات مهندسی، قطعات مقاوم

²⁰ Styrene Acrylonitrile

به ضربه، محصولات مقاوم به روغن و مواد شیمیایی، دستکش‌های صنعتی و پزشکی و بخشی از زنجیره نساجی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

پت بطری و پت نساجی نیز اگرچه در داخل کشور ظرفیت تولید دارند، اما به دلیل تمرکز جغرافیایی تولید، حساسیت‌گریدها و امکان نیاز به واردات مکمل در شرایط افت تولید داخلی، در فهرست محصولات حساس قرار می‌گیرند. پت بطری در تولید بطری آب معدنی، نوشابه، روغن خوراکی، لبنیات، ظروف غذایی، بسته‌بندی محصولات آرایشی و بهداشتی و ظروف دارویی کاربرد دارد. پت نساجی نیز در تولید نخ پلی‌استر، الیاف کوتاه، فرش ماشینی، موکت، منسوجات خانگی، پوشاک، تسمه‌های صنعتی و منسوجات فنی مصرف می‌شود.

ABS از جمله پلیمرهای مهندسی است که در خودرو، لوازم خانگی، تجهیزات الکترونیکی، قطعات مقاوم به ضربه، اسباب‌بازی، تجهیزات مخابراتی و محصولات مصرفی بادوام کاربرد دارد. واردات گریدهای خاص ABS، به‌ویژه گریدهای مقاوم به حرارت، مقاوم به ضربه یا مناسب آبکاری، برای برخی صنایع پایین‌دستی اهمیت دارد. پلی‌یورتان نیز در فوم مبلمان، تشک، صندلی خودرو، عایق یخچال و سردخانه، ساندویچ‌پنل، کفش، چسب، رنگ، پوشش، قطعات الاستومری و عایق ساختمانی استفاده می‌شود. EPS نیز در یونولیت ساختمانی، بلوک سقفی، عایق حرارتی و صوتی، بسته‌بندی کالاهای شکستنی، بسته‌بندی محصولات غذایی و شیلاتی و سردخانه‌ها کاربرد دارد.

EVA نیز به‌عنوان کوپلیمر اتیلن و وینیل‌استات، یکی از محصولات تخصصی زنجیره اتیلن است و در تولید فیلم‌های بسته‌بندی، کفش، فوم، چسب‌های حرارتی، لایه‌های لمینیت، پوشش کابل، مستریچ، تجهیزات ورزشی، قطعات نرم، محصولات پزشکی و بسته‌بندی انعطاف‌پذیر کاربرد دارد. اهمیت EVA در این است که در بسیاری از کاربردها، پلیمرهای عمومی نمی‌توانند به‌صورت کامل جایگزین آن شوند و کمبود آن می‌تواند بر صنایع بسته‌بندی پیشرفته، کفش، فوم و چسب اثر بگذارد.

بر این اساس، مدیریت واردات در شرایط جنگی باید از یک سیاست عمومی وارداتی به یک نظام «پایش اقلام راهبردی زنجیره پایین‌دست» تبدیل شود. در این نظام، باید موجودی انبار، مصرف ماهانه، مبادی تأمین، گریدهای جایگزین، محموله‌های در مسیر، تأمین‌کنندگان قابل اتکا و حداقل ذخیره اضطراری برای هر یک از این محصولات تعیین شود. در غیر این صورت، حتی اگر بخشی از تولید داخلی پتروشیمی حفظ شود، ممکن است یک حلقه وارداتی محدود، کل تولید یک صنعت پایین‌دستی را متوقف کند.

۸-۲- محصولات داخلی در معرض کمبود ناشی از افت تولید

در کنار محصولات وارداتی، سه محصول PET، PP و PVC به دلیل نقش گسترده در صنایع پایین‌دستی و اثرپذیری از اختلال ماهشهر و عسلویه، در شرایط جنگی در معرض کمبود از سمت تولید داخلی قرار دارند. در

اینجا کمبود، صرفا ناشی از اختلال در واردات نیست؛ بلکه توقف یا کاهش تولید داخلی به دلیل آسیب به یوتیلیتی، قطع برق، کمبود بخار، اختلال تأمین آب صنعتی، نیتروژن، هوای ابزار دقیق، خوراک بین‌مجمعی و دشواری راه‌اندازی مجدد واحدها است.

آمار معاملات بورس کالا در سال ۱۴۰۴ نشان می‌دهد که بازار این سه محصول حتی پیش از تشدید بحران نیز با فشار تقاضا مواجه بوده است. مجموع تقاضای ثبت‌شده برای PET، PP و PVC حدود ۳۰۵ میلیون تن بوده، در حالی که مجموع عرضه آن‌ها حدود ۲۰۷ میلیون تن و مجموع حجم قرارداد حدود ۱۸۶ میلیون تن ثبت شده است. به بیان دیگر، شکاف میان تقاضا و عرضه این سه محصول حدود ۹۷۹ هزار تن و شکاف میان تقاضا و حجم قرارداد حدود ۱۰۱۸۸ میلیون تن بوده است. بنابراین، جنگ در بازاری رخ داده که از قبل نیز در برخی گریدها با ناترازی عرضه و تقاضا مواجه بوده است.

آمار عرضه و تقاضای محصولات اولویت‌دار تولید داخل در شرایط جنگی طی سال ۱۴۰۴ در جدول ۲۰ نشان داده شده است.

جدول ۲۰. آمار معاملات سال گذشته محصولات اولویت‌دار تولید داخل در بورس کالا

محصول	حجم قرارداد (تن)	تقاضا (تن)	عرضه (تن)	شکاف تقاضا و عرضه (تن)	نسبت تقاضا به عرضه
PET	۵۰۱,۵۶۰	۸۱۵,۸۲۹	۵۳۲,۱۰۴	۲۸۳,۷۲۵	۱.۵۳
PP	۸۵۷,۰۷۰	۱,۳۹۷,۴۱۱	۹۲۴,۶۹۴	۴۷۲,۷۱۷	۱.۵۱
PVC	۵۰۵,۳۰۵	۸۳۸,۸۵۹	۶۱۶,۳۳۷	۲۲۲,۵۲۲	۱.۳۶
مجموع	۱,۸۶۳,۹۳۵	۳,۰۵۲,۰۹۹	۲,۰۷۳,۱۳۵	۹۷۹,۹۶۴	۱.۴۷

این ارقام نشان می‌دهد در صورت کاهش تولید ناشی از جنگ، بازار این سه محصول به‌سرعت از سطح رقابت بورسی و افزایش قیمت عبور کرده و وارد مرحله کمبود مؤثر مواد اولیه برای صنایع پایین‌دستی خواهد شد. به همین دلیل، مدیریت این سه محصول باید هم‌زمان از مسیر احیای تولید، تخصیص برق و یوتیلیتی به واحدها، تأمین خوراک، واردات مکمل و اصلاح مدل عرضه دنبال شود.

۸-۲-۱- پلی اتیلن ترفتالات

PET یکی از حساس‌ترین محصولات پتروشیمی در شرایط جنگی است؛ زیرا هم با صنایع عمومی و مصرفی مانند بسته‌بندی مواد غذایی، بطری آب، نوشابه، روغن خوراکی، ظروف غذایی و محصولات دارویی ارتباط دارد و هم در صنعت نساجی، الیاف پلی‌استر، فرش ماشینی، منسوجات خانگی و منسوجات فنی نقش دارد. بر اساس آمار بورس کالا، در سال ۱۴۰۴ مجموع تقاضای PET حدود ۸۱۵,۸۲۹ تن، عرضه آن حدود ۵۳۲,۱۰۴ تن و

حجم قرارداد آن حدود ۵۰۱,۵۶۰ تن بوده است. به این ترتیب، شکاف تقاضا و عرضه این محصول حدود ۲۸۳,۷۲۵ تن بوده است.

آمار عرضه و تقاضای پلی اتیلن ترفتالات در معاملات بورس کالا طی سال ۱۴۰۴ در جدول ۲۱ نشان داده شده است.

جدول ۲۱. آمار معاملات پلی اتیلن ترفتالات در بورس کالا طی سال ۱۴۰۴

گريد	حجم قرارداد (تن)	تقاضا (تن)	عرضه (تن)	شکاف تقاضا و عرضه (تن)
بطری	۲۷۷,۹۰۷	۴۰۳,۸۷۸	۲۶۹,۸۳۴	۱۳۴,۰۴۴
نساجی	۱۵۹,۲۳۷	۲۸۵,۳۸۵	۱۶۹,۴۷۸	۱۱۵,۹۰۷
نساجی S670	۲,۸۸۲	۲,۸۸۲	۴,۱۵۸	-۱,۲۷۶
Super Bright	۶۱,۵۳۴	۱۲۳,۶۸۴	۶۱,۶۳۴	۶۲,۰۵۰
مجموع	۵۰۱,۵۶۰	۸۱۵,۸۲۹	۵۳۲,۱۰۴	۲۸۳,۷۲۵

حساسیت PET در شرایط جنگی از تمرکز تولید نیز ناشی می شود. تولید پلی اتیلن ترفتالات به عنوان یکی از نیازمندی های مهم صنایع داخلی در یک مجتمع متمرکز است و پتروشیمی شهید تندگویان با ظرفیت حدود ۶۰۰ هزار تن در سال، تنها تولیدکننده اصلی این محصول در کشور محسوب می شود. توقف یا افت تولید این مجتمع به ویژه در گرید بطری، می تواند تأمین بطری آب، روغن خوراکی، نوشیدنی، ظروف مواد غذایی و بسته بندی دارویی را با مشکل مواجه کند. این موضوع در شرایط جنگی اهمیت بیشتری می یابد؛ زیرا بسته بندی غذا، روغن، نوشیدنی و دارو بخشی از امنیت عرضه کالاهای اساسی و سلامت عمومی است.

از منظر سیاست اجرایی، در زنجیره PET باید سه اقدام هم زمان انجام شود. نخست، تأمین برق، بخار، آب صنعتی، نیتروژن، هوای ابزار دقیق و سایر یوتیلیتی های مورد نیاز برای راه اندازی ایمن و پایدار واحدهای PET و PTA²¹ باید در اولویت قرار گیرد. دوم، واردات هدفمند پت بطری، پت نساجی و گریدهای خاص PET باید به عنوان مکمل تولید داخلی فعال شود تا شکاف عرضه داخلی به کمبود بازار تبدیل نشود. سوم، مدل عرضه در بورس کالا و بهین یاب باید به گونه ای اصلاح شود که گریدهای محدود PET به مصرف کنندگان واقعی در زنجیره بسته بندی غذایی، دارویی و نساجی برسد و از شکل گیری تقاضای کاذب، احتکار و واسطه گری جلوگیری شود.

۸-۲-۲- پلی پروپیلن

پلی پروپیلن از مهم ترین پلیمرهای مصرفی کشور است و در بسته بندی مواد غذایی، ظروف، درب بطری، لیاف، منسوجات بی بافت، کیسه های بافته، قطعات خودرو، لوازم خانگی، تجهیزات پزشکی، سرنگ، ظروف

²¹ Purified Terephthalic Acid

آزمایشگاهی، قطعات تزریقی و کالاهای مصرفی کاربرد گسترده دارد. آمار بورس کالا نشان می‌دهد که در سال ۱۴۰۴ تقاضای ثبت‌شده برای PP حدود ۱,۳۹۷,۴۱۱ تن بوده، در حالی که عرضه آن حدود ۹۲۴,۶۹۴ تن و حجم قرارداد آن حدود ۸۵۷,۰۷۰ تن بوده است. بنابراین شکاف میان تقاضا و عرضه PP حدود ۴۷۲,۷۱۷ تن و نسبت تقاضا به عرضه حدود ۱.۵۱ بوده است.

آمار عرضه و تقاضای پلی‌پروپیلن در معاملات بورس کالا طی سال ۱۴۰۴ در جدول ۲۲ نشان داده شده است.

جدول ۲۲. آمار معاملات پلی‌پروپیلن در بورس کالا طی سال ۱۴۰۴

گريد	حجم قرارداد (تن)	تقاضا (تن)	عرضه (تن)	شکاف تقاضا و عرضه (تن)
فيلم	۹۹,۵۳۰	۱۷۷,۴۲۱	۱۰۶,۰۴۵	۷۱,۳۷۶
نساجی	۵۳۲,۵۱۸	۸۴۹,۲۷۰	۵۷۱,۷۰۳	۲۷۷,۵۶۷
شیمیایی	۲۱۳,۶۹۳	۳۵۸,۷۲۷	۲۳۱,۰۷۰	۱۲۷,۶۵۷
پزشکی	۱۱,۳۲۹	۱۱,۹۹۳	۱۵,۸۷۶	-۳,۸۸۳
مجموع	۸۵۷,۰۷۰	۱,۳۹۷,۴۱۱	۹۲۴,۶۹۴	۴۷۲,۷۱۷

فشار اصلی بازار PP در گريد نساجی و شیمیایی مشاهده می‌شود. در گريد نساجی، تقاضا حدود ۸۴۹ هزار تن و عرضه حدود ۵۷۲ هزار تن بوده و شکاف تقاضا و عرضه به حدود ۲۷۸ هزار تن رسیده است. در گريد شیمیایی نیز شکاف تقاضا و عرضه حدود ۱۲۸ هزار تن بوده است. این وضعیت نشان می‌دهد که حتی پیش از جنگ نیز بازار PP در برخی گريدها با ناترازی جدی روبه‌رو بوده و هرگونه افت تولید ناشی از قطع یوتیلیتی یا خوراک می‌تواند این ناترازی را به کمبود بحرانی مواد اولیه تبدیل کند.

اهمیت PP در شرایط جنگی با توجه به آسیب و نقش پتروشیمی جم و زنجیره پروپیلن برجسته‌تر می‌شود. پتروشیمی جم در سال ۱۴۰۳ با ظرفیت اسمی حدود ۳۰۸ میلیون تن، حدود ۲.۸۸ میلیون تن تولید داشته و یکی از گلوگاه‌های مهم زنجیره الفین، پلیمر، برش‌های C4 و خوراک بین‌مجمعی کشور بوده است. این مجتمع در سال ۱۴۰۳ حدود ۲۲۹ هزار تن پروپیلن به‌صورت بین‌مجمعی به فروش رسانده است که از نظر فنی می‌تواند مبنای تولید حدود ۲۳۰ هزار تن پلی‌پروپیلن باشد. بنابراین اگر خوراک پتروشیمی جم یا امکان تولید و انتقال پروپیلن آن مختل شود، تولید پلی‌پروپیلن در واحدهای وابسته مانند جم‌پیلن نیز در معرض توقف یا افت تولید قرار می‌گیرد.

در نتیجه، مدیریت بحران PP فقط با واردات قابل حل نیست. لازم است تخصیص برق، یوتیلیتی، خوراک گازی و مایع، پروپیلن و خدمات جانبی به‌گونه‌ای انجام شود که زنجیره تولید PP حفظ شود. در عین حال، در گريدهای حساس مانند نساجی، فیلم، شیمیایی و پزشکی، واردات مکمل باید به‌صورت هدفمند فعال شود و

مدل عرضه نیز باید اصلاح شود تا مواد محدود موجود به مصرف‌کنندگان واقعی در بسته‌بندی، تجهیزات پزشکی، منسوجات بی‌بافت، قطعه‌سازی و صنایع ضروری برسد.

۸-۲-۳- پلی‌وینیل کلراید

PVC یکی از پرمصرف‌ترین پلیمرهای جهان و از محصولات مهم زنجیره کلر-آلکالی و اتیلن است. این محصول در لوله و اتصالات آب و فاضلاب، پروفیل در و پنجره، کابل و سیم، کف‌پوش، دیوارپوش، چرم مصنوعی، شلنگ، فیلم‌های بسته‌بندی، تجهیزات پزشکی و قطعات ساختمانی مصرف می‌شود. در شرایط جنگی، اهمیت PVC از آن جهت افزایش می‌یابد که بخشی از نیازهای بازسازی، تعمیر زیرساخت‌ها، شبکه آب و فاضلاب، کابل، ساختمان، تجهیزات درمانی و تأمین قطعات پلیمری به این محصول وابسته است.

آمار بورس کالا در سال ۱۴۰۴ نشان می‌دهد که مجموع تقاضای PVC حدود ۸۳۸,۸۵۹ تن، عرضه آن حدود ۶۱۶,۳۳۷ تن و حجم قرارداد آن حدود ۵۰۵,۳۰۵ تن بوده است. بر این اساس، شکاف تقاضا و عرضه PVC حدود ۲۲۲,۵۲۲ تن و نسبت تقاضا به عرضه حدود ۱.۳۶ بوده است. بخش اصلی بازار PVC مربوط به گرید S65 است که تقاضای آن حدود ۷۷۱ هزار تن، عرضه آن حدود ۵۰۹ هزار تن و حجم قرارداد آن حدود ۴۵۸ هزار تن بوده است.

آمار عرضه و تقاضای پلی‌وینیل کلراید در معاملات بورس کالا طی سال ۱۴۰۴ در جدول ۲۳ نشان داده شده است.

جدول ۲۳. آمار معاملات پلی‌وینیل کلراید در بورس کالا طی سال ۱۴۰۴

PVC	حجم قرارداد (تن)	تقاضا (تن)	عرضه (تن)	شکاف تقاضا و عرضه (تن)
S57	۳,۷۶۷	۸,۸۸۲	۵,۸۹۳	۲,۹۸۹
S65	۴۵۷,۶۰۱	۷۷۱,۱۴۷	۵۰۹,۱۴۱	۲۶۲,۰۰۶
S70	۴,۱۹۶	۷,۵۴۹	۵,۷۳۷	۱,۸۱۲
امولسیون	۲۴,۴۰۹	۳۰,۴۳۷	۷۸,۴۰۸	-۴۷,۹۷۱
پزشکی	۱۵,۳۳۲	۲۰,۸۴۴	۱۷,۱۵۸	۳,۶۸۶
مجموع	۵۰۵,۳۰۵	۸۳۸,۸۵۹	۶۱۶,۳۳۷	۲۲۲,۵۲۲

تمرکز بخش مهمی از ظرفیت PVC در ماهشهر، حساسیت این محصول را در شرایط جنگی افزایش می‌دهد. با توجه به اینکه سه پتروشیمی از پنج پتروشیمی تولیدکننده PVC کشور در منطقه ماهشهر قرار دارند و این منطقه به واسطه آسیب به فجر انرژی خلیج فارس و اختلال در یوتیلیتی دچار توقف یا افت تولید شده، احتمال فشار بر بازار PVC جدی است.

کمبود PVC می‌تواند تولید لوله و اتصالات، پروفیل، کابل، تجهیزات پزشکی و برخی اقلام ساختمانی را تحت تأثیر قرار دهد و در دوره بازسازی پس از جنگ، این مسئله می‌تواند هزینه بازسازی و تعمیرات زیرساختی را افزایش دهد. برای مدیریت زنجیره PVC، باید تأمین برق و یوتیلیتی واحدهای مرتبط با تولید PVC، کلر، EDC²² و VCM در اولویت برنامه بازگشت به مدار قرار گیرد. از آنجا که راهاندازی زنجیره PVC به برق پایدار، کنترل دقیق فشار و دما، تجهیزات مقاوم در برابر خوردگی، سامانه‌های ایمنی و گاززدایی خطوط نیاز دارد، قطع برق یا ناپایداری یوتیلیتی می‌تواند راهاندازی مجدد را کند و پرریسک کند.

۸-۳- تخصیص برق و یوتیلیتی بر اساس زنجیره ارزش

در شرایط جنگی، تخصیص برق و یوتیلیتی نباید فقط بر اساس اندازه مجتمع، مالکیت، ظرفیت اسمی یا امکان راهاندازی ساده‌تر انجام شود. معیار اصلی باید اثر هر واحد بر حفظ زنجیره تأمین محصولات حساس پایین‌دستی باشد. به بیان دیگر، اگر در تأمین برق، بخار، آب بدون املاح، نیتروژن، هوای ابزار دقیق یا خوراک محدودیت وجود دارد، این منابع باید به واحدهایی تخصیص یابد که توقف آن‌ها به کمبود PET، PP، PVC، گریدهای وارداتی حساس، محصولات بسته‌بندی، تجهیزات پزشکی، لوله و اتصالات، قطعات خودرو، نساجی و کالاهای ضروری منجر می‌شود.

اهمیت این رویکرد با توجه به ابعاد خسارت به مجتمع‌های یوتیلیتی روشن‌تر می‌شود. مجموع ظرفیت نیروگاهی و یوتیلیتی آسیب‌دیده در صنایع فولادی و پتروشیمی حدود ۴۲۵۲ مگاوات برآورد شده است که حدود ۳۳۲۰ مگاوات آن مربوط به قطب‌های پتروشیمی شامل ۱۴۸۳ مگاوات در فجر، ۸۶۱ مگاوات در مبین، ۶۴۸ مگاوات در دماوند و ۳۲۸ مگاوات در بندر امام است. این ظرفیت در ظاهر حدود ۴.۴ درصد از ظرفیت نصب‌شده نیروگاهی کشور است، اما چون عمدتاً ظرفیت اختصاصی صنایع مادر بوده، اثر اقتصادی و زنجیره‌ای آن بسیار بزرگ‌تر از نسبت عددی آن به ظرفیت کل شبکه است.

از سوی دیگر، کارکرد برق در واحدهای پتروشیمی نیز قابل توجه است. در پتروشیمی، برق برای پمپ‌ها، کمپرسورها، سامانه‌های کنترل، تجهیزات ایمنی، واحدهای جداسازی هوا، تولید نیتروژن، هوای ابزار دقیق، آب خنک‌کن، بویلرها و تجهیزات پایش فرایند ضروری است. اگر برق وجود داشته باشد اما خوراک نباشد، تولید پایدار ممکن نیست و اگر خوراک وجود داشته باشد اما برق، بخار، نیتروژن و هوای ابزار دقیق فراهم نباشد، تبدیل خوراک به محصول ممکن نخواهد بود. بنابراین، مدیریت PET، PP و PVC باید بر پایه نگاه یکپارچه به خوراک و یوتیلیتی‌ها مانند برق، بخار، آب صنعتی، نیتروژن و هوای ابزار دقیق انجام شود.

²² Ethylene Dichloride

۸-۴- واردات هدفمند و اصلاح مدل عرضه برای عبور از شوک کوتاه‌مدت

با توجه به اینکه بازسازی هاب‌های یوتیلیتی و بازگشت مجتمع‌ها به مدار تولید، فرایندی تدریجی و زمان‌بر است، واردات هدفمند باید به‌عنوان مکمل تولید داخلی در دوره بحران فعال شود. اما واردات در این شرایط نباید عمومی، غیرهدفمند و صرفاً مبتنی بر ثبت سفارش‌های پراکنده باشد. واردات باید بر اساس گریدهای بحرانی، نیاز صنایع پایین‌دستی، میزان موجودی انبار، زمان بازگشت تولید داخلی و ریسک کمبود در بازار تنظیم شود.

در این چارچوب، برای PET، PP و PVC باید واردات مکمل تعریف شود؛ به‌ویژه در گریدهایی که آمار بورس کالا نشان‌دهنده شکاف تقاضا و عرضه است. همچنین برای محصولات وارداتی راهبردی شامل سوپرچادها، اکریلونیتریل، ABS، پلی‌یورتان، EPS و EVA باید حداقل ذخیره اضطراری یا قرارداد تأمین کوتاه‌مدت تعریف شود. این اقدام از آن جهت ضروری است که کمبود برخی از این محصولات، هرچند از نظر وزنی ممکن است نسبت به پلیمرهای عمومی کمتر باشد، اما می‌تواند به توقف خطوط تولید حساس در صنایع پزشکی، بهداشتی، خودرو، لوازم خانگی، بسته‌بندی پیشرفته و ساختمان منجر شود.

در کنار واردات، اصلاح مدل عرضه نیز ضروری است. با کاهش عرضه داخلی، اگر سازکار بورس کالا و فرایند فعلی تخصیص سهمیه بهین‌یاب بدون اصلاح ادامه یابد، احتمال شکل‌گیری تقاضای کاذب، رقابت غیرواقعی، احتکار، انحراف مواد اولیه از خطوط تولید و فشار مضاعف بر صنایع واقعی افزایش می‌یابد. بنابراین در دوره جنگ، عرضه PET، PP و PVC باید با اولویت مصرف‌کنندگان واقعی و صنایع ضروری انجام شود و صنایع بسته‌بندی مواد غذایی، دارویی و بهداشتی، تولیدکنندگان تجهیزات پزشکی، تولیدکنندگان لوله و اتصالات، واحدهای فعال در زنجیره بازسازی، صنایع نساجی و قطعه‌سازی باید در تخصیص مواد محدود، وزن بیشتری داشته باشند.

فصل ۹. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، حمله به فجر انرژی خلیج فارس در ماهشهر و مبین انرژی خلیج فارس و دماوند انرژی عسلویه در منطقه عسلویه، صرفاً حمله به چند شرکت خدماتی یا چند واحد منفرد نبوده، بلکه ماهیت اصلی این آسیب، اختلال در معماری بهره‌برداری صنعت پتروشیمی ایران است؛ زیرا اهداف مورد اصابت، شامل فجر انرژی خلیج فارس در ماهشهر و مبین انرژی خلیج فارس و دماوند انرژی عسلویه در منطقه عسلویه، صرفاً شرکت‌های خدماتی یا واحدهای جانبی نبوده‌اند، بلکه هاب‌های اصلی تأمین برق، بخار، آب صنعتی، آب بدون املاح، آب خنک‌کن، نیتروژن، هوای ابزار دقیق، آتش‌نشانی، خدمات محیط‌زیستی و الزامات ایمنی بهره‌برداری در دو قطب اصلی پتروشیمی کشور محسوب می‌شوند.

در چنین ساختاری، ظرفیت نصب‌شده صنعت هنگامی به ظرفیت قابل بهره‌برداری تبدیل می‌شود که شبکه یوتیلیتی، خوراک، کنترل، ایمنی، شات‌داون، ری‌استارت و خدمات پشتیبان به‌صورت پایدار عمل کند. بنابراین آسیب به هاب‌های یوتیلیتی به معنای اختلال هم‌زمان در فراهم شدن چند پیش‌شرط اصلی تولید است. درواقع حتی اگر اغلب مجتمع‌های پتروشیمی این دو منطقه از نظر فیزیکی آسیب مستقیم ندیده باشند، بدون برق، بخار، آب مناسب، نیتروژن، هوای ابزار دقیق و خوراک پایدار، امکان تولید ایمن، راه‌اندازی مجدد و حفظ ظرفیت پایدار را نخواهند داشت.

اهمیت موضوع زمانی روشن‌تر می‌شود که مقیاس تمرکز جغرافیایی صنعت پتروشیمی در دو هاب ماهشهر و عسلویه مورد توجه قرار گیرد. حدود ۲۵.۸ تا ۲۶ میلیون تن ظرفیت تولید در منطقه ماهشهر و حدود ۴۶.۳ میلیون تن ظرفیت تولید در منطقه عسلویه و کنگان متمرکز است؛ یعنی در مجموع حدود ۷۲.۱ میلیون تن یا نزدیک به ۷۵ درصد ظرفیت اسمی صنعت پتروشیمی کشور در این دو منطقه قرار دارد. از این رو، تبعات آسیب به زیرساخت‌های بهره‌برداری این دو منطقه، متوجه سه‌چهارم ظرفیت صنعت پتروشیمی کشور خواهد بود. حتی اگر افت واقعی تولید در سناریوی عملیاتی به‌جای ۷۵ درصد، در محدوده ۵۰ تا ۶۰ درصد تثبیت شود، باز هم کشور با اختلالی بزرگ در یکی از مهم‌ترین صنایع ارزآور و تأمین‌کننده مواد اولیه صنایع داخلی مواجه خواهد بود.

از منظر اقتصادی، صنعت پتروشیمی ایران در وضعیت عادی صنعتی حدود ۲۴ میلیارد دلاری محسوب می‌شود که حدود ۱۱ میلیارد دلار آن به تأمین بازار داخلی و حدود ۱۳ میلیارد دلار آن به صادرات اختصاص داشته است. در سناریوی افت تولید ۶۰ درصدی، ارزش تولید صنعت به حدود ۹.۶ میلیارد دلار کاهش می‌یابد و بخش اصلی صادرات پتروشیمی در معرض حذف یا افت شدید قرار می‌گیرد. در چنین شرایطی، کشور علاوه بر کاهش درآمد ارزی، برای حفظ سطح عرضه داخلی ممکن است به حدود ۴ تا ۶ میلیارد دلار واردات جبرانی

محصولات پایه، واسطه‌ای و گریدهای خاص نیاز پیدا کند. این وضعیت، هم‌زمان کاهش عرضه ارز و افزایش تقاضای ارز را رقم می‌زند و بحران پتروشیمی را از سطح یک مسئله صنعتی به مسئله‌ای اثرگذار بر تراز ارزی و ثبات بازار داخلی تبدیل می‌کند.

ماهیت بحران فعلی، کاملاً شبکه‌ای و دومینویی است. با آسیب به یوتیلیتی‌های متمرکز، ابتدا واحدهای وابسته به یوتیلیتی مرکزی از مدار خارج می‌شوند و واحدهای تولیدکننده خوراک و محصولات میانی نیز دچار توقف یا افت تولید می‌شوند. در ادامه، زنجیره‌های پایین‌دستی نیز به دلیل قطع جریان‌هایی مانند اتیلن، پروپیلن، بنزن، پارازیلن، رافینیت، متانول، MEG، DEG، استایرن و سایر مواد میانی، با کمبود خوراک مواجه می‌شوند. به همین دلیل، اثر حمله از سطح یک مجتمع منفرد فراتر می‌رود و به کل شبکه تولید، خوراک، محصول میانی، بازار داخلی و صادرات سرایت می‌کند.

در کنار شوک یوتیلیتی، شوک خوراک نیز بحران را تشدید می‌کند. آسیب به بخشی از پالایشگاه‌های گازی عسلویه و کاهش تولید گاز طبیعی و میعانات گازی، علاوه بر بخش بالادستی انرژی، مستقیماً بر پتروشیمی‌های گازپایه، زنجیره آروماتیک و خوراک مایع اثر می‌گذارد. برآوردهای اولیه نشان می‌دهد که کاهش تولید گاز می‌تواند تا حدود ۲۳۰ میلیون مترمکعب در روز و کاهش ظرفیت تولید میعانات گازی حدود ۲۰۰ هزار بشکه در روز باشد. در این میان، پتروشیمی‌های نوری و بوعلی به‌عنوان دو گلوگاه اصلی مصرف میعانات و تولید آروماتیک‌ها، واحدهایی هستند که خروجی آن‌ها به حدود ۲۳ مجتمع پتروشیمی دیگر از جمله پارس، جم، آریاساسول، فرساشیمی، مهر، پلی‌پروپیلن جم، تندگویان، امیرکبیر، نویدزرشیمی، شیمی‌بافت و کارون متصل است. بنابراین، اختلال در میعانات و آروماتیک‌ها می‌تواند لایه دوم بحران را بر شبکه‌ای وارد کند که هم‌زمان از ناحیه یوتیلیتی نیز آسیب دیده است.

پیامد این بحران بر صنایع پایین‌دستی نیز قابل توجه است. اختلال در عسلویه و ماهشهر، زنجیره بسته‌بندی مواد غذایی، بطری و ظروف PET، لوله و اتصالات PVC، پروفیل، کابل، نساجی، الیاف، قطعات پلاستیکی خودرو، لوازم خانگی، تجهیزات پزشکی، عایق، گونی آرد، سرم‌های پزشکی و بسیاری دیگر از صنایع پایین‌دستی را تحت فشار قرار می‌دهد. در شرایطی که بازار برخی محصولات مانند PET، PP و PVC پیش از جنگ نیز با شکاف عرضه و تقاضا مواجه بوده، افت تولید ناشی از جنگ می‌تواند این شکاف را به کمبود مؤثر مواد اولیه تبدیل کند. بر اساس آمار معاملات بورس کالا در سال ۱۴۰۴، مجموع تقاضای PET، PP و PVC حدود ۳۰۵ میلیون تن بوده، در حالی که مجموع عرضه آن‌ها حدود ۲۰۷ میلیون تن ثبت شده است؛ یعنی شکاف تقاضا و عرضه این سه محصول نزدیک به ۹۷۹ هزار تن بوده است. بنابراین، تبعات جنگ در بازاری نمایان شده است که از قبل نیز مستعد ناترازی بوده و استمرار اختلال می‌تواند صنایع پایین‌دستی را با کمبود جدی مواجه کند.

از منظر اجتماعی و اشتغال نیز ابعاد این موضوع شایان ذکر است. صنعت پتروشیمی علاوه بر اشتغال مستقیم حدود ۱۴۸ هزار نفر، پشتوانه شکل‌گیری حدود ۱۵ هزار بنگاه کوچک و متوسط در صنایع پایین‌دستی است و برآوردها نشان می‌دهد که اشتغال مستقیم و غیرمستقیم وابسته به این زنجیره می‌تواند تا حدود ۱.۲ میلیون نفر را دربرگیرد. بنابراین آسیب صنعت پتروشیمی، جدای از کاهش درآمد چند شرکت بزرگ، می‌تواند به کاهش تولید بنگاه‌های کوچک، اختلال در سرمایه در گردش، کاهش شیفت کاری، تعدیل نیرو، افزایش قیمت کالاهای مصرفی و فشار بر اشتغال صنعتی کشور منجر شود.

از این رو، پاسخ به این بحران نباید صرفاً در قالب تعمیر چند تأسیسات یا بازگرداندن چند مجتمع به مدار تعریف شود. درواقع مسئله اصلی، احیای شبکه‌ای صنعت پتروشیمی و بازطراحی مبتنی بر تاب‌آوری آن است. سیاست‌گذار در این زمینه باید هم‌زمان چهار سطح بازسازی و جایگزینی یوتیلیتی‌های آسیب‌دیده، تأمین پایدار خوراک گازی و مایع، مدیریت بازار داخل و واردات محصولات حساس و کاهش آسیب‌پذیری ساختاری صنعت در برابر حملات یا اختلالات احتمالی آینده را در تدوین و اجرای راهکارها مدنظر خود قرار دهد.

۹-۱- راهبرد کوتاه‌مدت؛ تثبیت اضطراری و جلوگیری از سرایت بحران

در بازه کوتاه‌مدت، یعنی صفر تا سه ماه نخست پس از حمله، هدف اصلی نباید بر بازگرداندن سریع همه ظرفیت‌ها به مدار متمرکز شود؛ زیرا در این دوره، شبکه هنوز از شوک اولیه خارج نشده و منابع برق، یوتیلیتی، خوراک، قطعات و نیروی عملیاتی محدود است. راهبرد صحیح در این بازه، تثبیت اضطراری شبکه، جلوگیری از گسترش خسارت، حفظ ایمنی فرایندها، جلوگیری از آسیب ثانویه و احیای حداقلی گلوگاه‌های مؤثر بر بازار داخلی است.

در این مرحله، لازم است حداقل سطح اضطراری تأمین یوتیلیتی‌های حیاتی شامل برق، بخار، آب صنعتی، آب بدون املاح، نیتروژن و هوای ابزار دقیق تعیین شود و این منابع به‌صورت اولویت‌دار به واحدهایی تخصیص یابد که نقش مستقیم در ایمنی، کنترل فرایند، پایداری عملیات و احیای گره‌های کلیدی زنجیره تأمین خوراک دارند. این رویکرد، زمینه راه‌اندازی ایمن و مرحله‌ای سایر واحدهای آسیب‌دیده را فراهم می‌کند. تخصیص برق و یوتیلیتی در این دوره نباید به‌صورت یکنواخت میان همه مجتمع‌ها انجام شود، بلکه باید بر اساس اثر هر واحد بر حفظ زنجیره تولید، جلوگیری از کمبود در بازار داخلی و اثر بر راه‌اندازی سایر حلقه‌ها تنظیم گردد.

در کوتاه‌مدت، دریافت برق از شبکه، استفاده از ظرفیت‌های درون‌سایتی، یوتیلیتی‌های پرتابل، ژنراتورهای اضطراری، واحدهای موقت تولید نیتروژن و هوای ابزار دقیق، اتصال‌های موقت سرویس‌های جانبی و بازآرایی خطوط آسیب‌دیده باید در دستور کار قرار گیرد. هدف این اقدامات، بازگشت کامل به تولید قبل از آسیب نیست، بلکه ایجاد حداقل شرایط ایمن برای نگهداشت تجهیزات، تست عملکرد سامانه‌های ایمنی، کنترل برق،

ابزار دقیق و یوتیلیتی، راهاندازی مرحله‌ای، جلوگیری از خاموشی کامل و آماده‌سازی تدریجی واحدها برای بازگشت پایدار است.

در همین بازه، مدیریت بازار داخلی نیز باید فعال شود. با توجه به احتمال کمبود PET، PP، PVC، گلایکول‌ها، کود و مواد شیمیایی پایه، باید واردات اضطراری گریدهای بحرانی در دستور کار قرار گیرد. این واردات باید هدفمند، گریدمحور و متناسب با نیاز صنایع پایین‌دستی باشد. هم‌زمان، عرضه محصولات محدود در بورس کالا و سامانه بهین‌یاب باید به‌گونه‌ای مدیریت شود که مواد اولیه موجود به مصرف‌کنندگان واقعی در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی، دارو، تجهیزات پزشکی، لوله و اتصالات، نساجی، قطعه‌سازی، ساختمان و کالاهای ضروری برسد.

در کوتاه‌مدت، تشکیل یک ستاد یکپارچه راهبری برای بازگشت به مدار زنجیره صنعت پتروشیمی ضروری است. این ستاد باید با مشارکت نهادهای اصلی ذی‌ربط شامل وزارت نفت، شرکت ملی صنایع پتروشیمی، وزارت نیرو، شرکت ملی گاز، توانیر، بانک مرکزی، گمرک، بورس کالا، سازمان برنامه و بودجه و نمایندگان صنایع پایین‌دستی، وظیفه هماهنگ‌سازی تصمیمات مرتبط با تأمین خوراک، یوتیلیتی، واردات، ارز، گمرک، لجستیک، مدیریت موجودی و اولویت عرضه را بر عهده گیرد. در نبود چنین سازوکاری، خطر ناهماهنگی در احیای زنجیره افزایش می‌یابد؛ به‌گونه‌ای که ممکن است برق به واحدی اختصاص یابد که خوراک کافی ندارد، خوراک به واحدی برسد که از یوتیلیتی پایدار برخوردار نیست یا واردات محصولی در اولویت قرار گیرد که نیاز اصلی و اولویت‌دار بازار و صنایع پایین‌دستی محسوب نمی‌شود.

در بازه میان‌مدت، یعنی سه تا دوازده ماه پس از حمله، راهبرد اصلی باید از تثبیت اضطراری به بازسازی شبکه‌ای تغییر کند. در این مرحله، صرف تعمیر فیزیکی تجهیزات آسیب‌دیده کافی نیست زیرا صنعت پتروشیمی بر پایه پیوند هم‌زمان یوتیلیتی، خوراک، جریان‌های بین‌مجموعی و بازار پایین‌دستی فعالیت می‌کند. بنابراین بازسازی باید به‌گونه‌ای طراحی شود که واحدهای یوتیلیتی، گلوگاه‌های خوراک، مجتمع‌های میان‌دستی و محصولات حساس بازار داخل به‌صورت هماهنگ به مدار بازگردند.

در این دوره، با توجه به اینکه مجموع ظرفیت نیروگاهی و یوتیلیتی آسیب‌دیده در صنایع فولادی و پتروشیمی حدود ۴۲۵۲ مگاوات برآورد شده و حدود ۳۳۲۰ مگاوات آن به قطب‌های پتروشیمی شامل فجر، مبین، دماوند و بندر امام مربوط است، تأمین برق این بخش‌ها از محل مدیریت مصرف غیرمولد و آزادسازی ظرفیت شبکه اهمیت اساسی دارد.

از سوی دیگر، بازسازی شبکه خوراک باید هم‌زمان با بازسازی یوتیلیتی دنبال شود. اگر یوتیلیتی احیا شود اما خوراک گازی، اتان، میعانات، آروماتیک‌ها یا جریان‌های میانی در دسترس نباشد، تولید پایدار ممکن نخواهد

بود. به همین دلیل، در میان مدت باید تخصیص خوراک گازی و خوراک مایع، به‌ویژه میعانات قابل تخصیص به نوری و بوعلی بازتنظیم شود. همچنین واحدهایی مانند کاویان، پارس، نوری، بوعلی، جم، مارون، فرساشیمی، مروارید و پارس گلایکول باید به‌عنوان نقاط اثرگذار در بازگشت زنجیره‌ها به مدار دیده شوند.

در این بازه، لازم است برنامه واردات جبرانی نیز از حالت اضطراری کوتاه‌مدت به یک برنامه هدفمند میان‌مدت تبدیل شود. واردات محصولات پایه، میان‌دستی و گریدهای خاص باید بر اساس شکاف عرضه و تقاضا در بازار، موجودی انبار، میزان تولید داخلی، زمان بازگشت واحدها و نیاز صنایع پایین‌دستی تنظیم شود. اقلامی مانند PET، PP، PVC، گلایکول‌ها، ABS، اکریلونیتریل، پلی‌یورتان، EPS، EVA و سوپرجاذب‌ها باید مورد پایش مستمر قرار گیرند و برای هرکدام، وضعیت تولید داخلی، واردات، موجودی، مصرف ماهانه و ریسک کمبود مشخص شود.

هم‌زمان، صنایع پایین‌دستی نیز نیازمند بسته حمایتی هستند. این بسته باید این بسته باید شامل سرمایه در گردش، تنفس بازپرداخت تسهیلات، مهلت پرداخت تعهدات مالیاتی و بیمه‌ای، امکان خرید اعتباری مواد اولیه، حمایت از قراردادهای متأثر از اختلال در تأمین خوراک، مواد اولیه و انرژی و تأمین برق پایدار برای واحدهای حساس باشد. بدون این حمایت، حتی اگر تولید پتروشیمی به‌تدریج به مدار بازگردد، بخشی از صنایع پایین‌دستی ممکن است به دلیل کمبود مواد اولیه، افزایش قیمت‌ها، قطع برق، کاهش نقدینگی یا از دست دادن مشتریان از بازار خارج شده باشند.

۹-۲- راهبرد بلندمدت؛ بازطراحی تاب‌آور صنعت و کاهش نقاط شکست حیاتی

در بازه بلندمدت، یعنی دوازده تا بیست‌و‌چهار ماه پس از حمله، هدف نباید صرفاً بازگشت به وضعیت پیش از بحران باشد. بازگشت کامل به وضعیت قبلی، اگر با همان معماری متمرکز، همان نقاط شکست حیاتی و همان وابستگی شدید به چند هاب یوتیلیتی انجام شود، صنعت را دوباره در برابر حملات یا اختلالات بعدی آسیب‌پذیر خواهد کرد. بنابراین راهبرد بلندمدت باید بازطراحی تاب‌آور صنعت پتروشیمی باشد.

مهم‌ترین آموزه بحران اخیر آن است که تمرکز ۷۵ درصد ظرفیت صنعت پتروشیمی در دو هاب ماهشهر و عسلویه و وابستگی گسترده این دو هاب به چند مجتمع اصلی تأمین یوتیلیتی، اگرچه در شرایط عادی مزیت اقتصادی، صرفه مقیاس و مدیریت یکپارچه ایجاد کرده، اما در شرایط جنگی به یک آسیب‌پذیری ساختاری تبدیل شده است. از این رو، در افق بلندمدت باید الگوی «یوتیلیتی متمرکز بدون پشتیبان» به سمت «یوتیلیتی غیرمتمرکز اما به‌هم‌پیوسته» اصلاح شود.

این رویکرد به معنای حذف کامل مزیت‌های یوتیلیتی متمرکز نیست؛ بلکه ایجاد افزونگی ظرفیت، پراکندگی هوشمند، برقراری مسیرهای جایگزین، پشتیبانی متقابل، ذخیره‌سازی اضطراری و قابلیت کارکرد جزیره‌ای

برای زیرخوشه‌ها مهم است. برخی مجتمع‌های کلیدی و گلوگاه‌های تأمین خوراک باید به سطحی از خوداتکایی حداقلی در برق، بخار، آب، نیتروژن، هوای ابزار دقیق و خدمات ایمنی برسند تا در صورت خروج یک هاب مرکزی از مدار، کل منطقه دچار توقف فراگیر نشود.

در همین چارچوب، لازم است معماری جانمایی یوتیلیتی، خطوط تبادل خوراک، مسیرهای سرویس‌های جانبی، ذخایر گازهای صنعتی، مخازن اضطراری، کنترل فرایندی، سامانه‌های حفاظت فیزیکی و پروتکل‌های راه‌اندازی مجدد بازبینی شود. پدافند غیرعامل در صنعت پتروشیمی نباید صرفاً به حفاظت فیزیکی از چند نقطه حساس محدود شود، بلکه باید به سطح طراحی شبکه، نحوه توزیع ظرفیت، امکان پشتیبانی متقابل، مدیریت بحران، افزونگی زیرساخت، ذخیره اضطراری و استمرار تولید در شرایط اختلال ارتقا یابد.

از منظر بازار نیز باید اصلاحات دوره بحران به سازکار دائمی ارتقا پیدا کند. تجربه اخیر نشان داد که مدل عرضه محصولات پتروشیمی، فرایند تخصیص سهمیه خرید و سازکار بهین‌یاب، نظام پایش تقاضای واقعی، ذخایر راهبردی و منطق واردات محصولات پتروشیمی نیازمند بازطراحی است. در شرایط عادی نیز بخشی از بازار محصولات پتروشیمی با تقاضای کاذب، رقابت غیرواقعی، عدم انطباق سهمیه با مصرف واقعی و ضعف رهگیری تقاضا مواجه بوده است. تبعات جنگ این ضعف‌ها را آشکارتر کرده و فرصتی برای اصلاح ساختاری فراهم ساخته است.

بنابراین در افق بلندمدت، باید برای محصولات حساس پایین‌دستی مانند PET، PP، PVC، گلایکول‌ها، ABS، اکریلونیتریل، پلی‌یورتان، EPS، EVA و سوپرچاذب‌ها، نظام پایش دائمی عرضه، تقاضا، واردات، موجودی، مصرف صنایع پایین‌دستی و ذخایر راهبردی طراحی شود. این نظام می‌تواند از تبدیل هر شوک تولیدی یا تجاری به بحران بازار داخلی جلوگیری کند.

۹-۳- الزامات نهادی، مالی و اجرایی

اجرای راهبردهای فوق بدون اصلاح سازکار نهادی تصمیم‌گیری ممکن نیست. بحران اخیر نشان داد که مدیریت صنعت پتروشیمی در شرایط جنگی، صرفاً در اختیار یک دستگاه نیست. وزارت نفت متولی تأمین خوراک است، وزارت نیرو مسئول تأمین برق و پایداری شبکه است، بانک مرکزی در تخصیص ارز برای واردات تجهیزات، کاتالیست، قطعات و محصولات جبرانی نقش تعیین‌کننده دارد، گمرک و نظام حمل‌ونقل در ترخیص و جابه‌جایی تجهیزات و محصولات اثرگذار هستند و بورس کالا و سامانه بهین‌یاب در نحوه عرضه مواد اولیه به صنایع پایین‌دستی نقش مستقیم دارند. بنابراین، تصمیم‌گیری جزیره‌ای میان این دستگاه‌ها می‌تواند به اتلاف منابع محدود و طولانی شدن بحران منجر شود.

با توجه به نکات فوق، تشکیل کارگروه ملی احیای صنعت پتروشیمی با اختیار تصمیم‌گیری درباره برق، خوراک، ارز، واردات، گمرک، حمل‌ونقل، بازسازی، عرضه داخلی و حمایت از صنایع پایین‌دستی ضروری است. این کارگروه باید به‌صورت هفتگی وضعیت بازسازی یوتیلیتی‌ها، ظرفیت تولید، تخصیص خوراک، وضعیت محصولات حساس، واردات جبرانی، موجودی انبار و عرضه در بورس کالا را گزارش کند. بدون چنین داشبوردهای سیاست‌گذار نمی‌تواند تشخیص دهد که گلوگاه اصلی در هر مقطع، برق، خوراک، قطعه یا ارز و واردات است.

از منظر مالی و ارزی نیز بازسازی پتروشیمی نباید در صف عادی تخصیص منابع قرار گیرد. تأمین توربین، بویلر، کمپرسور، پمپ، تجهیزات برق، ابزار دقیق، سامانه‌های کنترلی، کاتالیست‌ها، قطعات OEM²³، تجهیزات تولید نیتروژن، هوای ابزار دقیق و خطوط سرویس جانبی، شرط بازگشت صنعت به مدار است. اگر تأمین ارز و واردات این اقلام با تأخیر انجام شود، بحران از افت تولید موقت به فرسایش ساختاری ظرفیت تبدیل خواهد شد. بنابراین، ایجاد ردیف ارزی ویژه برای بازسازی یوتیلیتی‌ها و تجهیزات حیاتی پتروشیمی، اولویت گمرکی و بانکی برای بازسازی و امکان استفاده از منابع اضطراری مالی برای مجتمع‌های کلیدی ضروری است.

²³ Original Equipment Manufacturer

منابع

- (۱) کتاب سال صنعت پتروشیمی ایران؛ سال ۱۴۰۳
- (۲) کتاب فرایندها و واکنش‌ها در صنعت پتروشیمی ایران؛ گردآوری و تدوین: امور هماهنگی و کنترل تولید شرکت ملی صنایع پتروشیمی با همکاری مجتمع‌های پتروشیمی؛ ۱۴۰۰
- (۳) گزارش پژوهشی اندیشکده اقتصاد مقاومتی با عنوان «ارزیابی الگوی توسعه زنجیره ارزش پروپیلن در ایران»؛ تیر ۱۴۰۲
- (۴) گزارش پژوهشی اندیشکده اقتصاد مقاومتی با عنوان «ارزیابی الگوی توسعه زنجیره ارزش متان در ایران»؛ مهر ۱۴۰۲
- (۵) گزارش پژوهشی اندیشکده اقتصاد مقاومتی با عنوان «ارزیابی الگوی توسعه زنجیره ارزش بنزن، تولوئن و زایلن‌ها در ایران»؛ فروردین ۱۴۰۳
- (۶) گزارش پژوهشی اندیشکده اقتصاد مقاومتی با عنوان «ارزیابی الگوی توسعه زنجیره ارزش اتیلن در ایران»؛ اردیبهشت ۱۴۰۳
- (۷) گزارش پژوهشی اندیشکده اقتصاد مقاومتی با عنوان «ارزیابی الگوی توسعه زنجیره ارزش بوتادین در ایران»؛ اردیبهشت ۱۴۰۳
- (۸) گزارش پژوهشی اندیشکده اقتصاد مقاومتی با عنوان «سازکارهای تأمین نهاده‌های پتروشیمیایی در صنایع پایین‌دستی»؛ دی ۱۴۰۳
- (۹) گزارش پژوهشی اندیشکده اقتصاد مقاومتی با عنوان «آسیب‌شناسی سازکار تأمین محصولات پتروشیمیایی از بورس کالا»؛ مرداد ۱۴۰۴
- (۱۰) گزارش پژوهشی اندیشکده اقتصاد مقاومتی با عنوان «بررسی فنی-اقتصادی الگوهای توسعه پارک‌های پتروشیمی در ایران و جهان»؛ در دست انتشار
- (۱۱) گزارش تک برگ اندیشکده اقتصاد مقاومتی با عنوان «الزامات تأمین پایدار محصولات کلیدی صنعت پتروشیمی در شرایط حساس»؛ مرداد ۱۴۰۴
- (۱۲) گزارش تک برگ اندیشکده اقتصاد مقاومتی با عنوان «اصلاح الگوی تخصیص محصولات پتروشیمی؛ کاهش واسطه‌گری و مدیریت بازار»؛ خرداد ۱۴۰۵
- (۱۳) آمارها و گزارش‌های مدیریت کنترل تولید شرکت ملی صنایع پتروشیمی
- (۱۴) آمارهای بورس کالای ایران