



<https://www.cepweb.org/inflation-reduction-act-vs-green-deal-transatlantic-divergences-on-the-energy-transition/>
<https://kpmg.com/ch/en/insights/esg-sustainability/eu-green-deal-vs-us-inflation-reduction-act.html>
<https://energyindustryreview.com/analysis/historical-turning-point-in-europe/>

فناوری های آینده ساز

دیجیتال توین، هوش مصنوعی، اتوماسیون پیشرفته و تحلیل داده، به ابزارهای اصلی افزایش بهره‌وری در صنعت پتروشیمی تبدیل شده‌اند.

صنعت پتروشیمی که به طور سنتی بر تجهیزات سنگین و فرآیندهای شیمیایی پیچیده متکی بوده است، اکنون در حال تجربه یک رنسانس دیجیتال است. همگرایی فناوری‌های عملیاتی (OT) با فناوری اطلاعات (IT)، ابزارهایی را در اختیار مهندسان و مدیران قرار داده که بهره‌وری را به سطوحی که پیش از این غیرقابل تصور بود، رسانده است. در قلب این تحول، چهار فناوری کلیدی قرار دارند: همتای دیجیتال (Digital Twin)، هوش مصنوعی (AI)، اتوماسیون پیشرفته و تحلیل کلان داده.

همتای دیجیتال (Digital Twin) آینه تمام‌نمای واقعیت:

فناوری همتای دیجیتال، ایجاد یک نسخه مجازی دقیق و زنده از یک دارایی فیزیکی (مانند یک کمپرسور، یک واحد تقطیر یا کل یک پالایشگاه) است. این مدل مجازی با استفاده از داده‌های لحظه‌ای دریافتی از هزاران سنسور اینترنت اشیا (IoT)، رفتار نسخه فیزیکی خود را شبیه‌سازی می‌کند. کاربرد این فناوری فراتر از نمایش گرافیکی است؛ این سیستم‌ها امکان «سفر در زمان» را به اپراتورها می‌دهند تا سناریوهای آینده را شبیه‌سازی کنند. به عنوان مثال، شرکت British Petroleum (BP) از سال ۲۰۱۷ این فناوری را پیاده‌سازی کرده و توانسته با بهینه‌سازی فرآیندها، تنها در سال اول ۳۰ هزار بشکه نفت بیشتر تولید کند. شرکت Chevron نیز از «همتای دیجیتال» برای پایش تجهیزات حیاتی در میادین نفتی و پالایشگاه‌ها استفاده می‌کند تا قابلیت اطمینان (Reliability) را افزایش دهد. مطالعات موردی نشان می‌دهد که استفاده از همتای دیجیتال می‌تواند هزینه‌های تعمیر و نگهداری را تا ۲۲ درصد کاهش دهد و توقف‌های ناخواسته (Unplanned Shutdowns) را بین ۳۰ تا ۴۰ درصد کم کند. این فناوری با شناسایی گلوگاه‌ها و شبیه‌سازی جریان مواد، بازده عملیاتی را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد.

هوش مصنوعی و تعمیرات پیش‌بینانه (Predictive Maintenance):

هوش مصنوعی (AI) و یادگیری ماشینی (Machine Learning) مغز متفکر این تحول هستند. سیستم‌های مجهز به AI با تحلیل الگوهای داده‌ای که برای انسان قابل تشخیص نیستند، می‌توانند خرابی تجهیزات را هفته‌ها یا ماه‌ها قبل از وقوع پیش‌بینی کنند. این رویکرد، صنعت را از فاز «تعمیرات واکنشی» (تعمیر پس از خرابی) به فاز «تعمیرات پیش‌بینانه» منتقل کرده است. این تغییر نه تنها میلیون‌ها دلار در هزینه‌های تعمیر صرفه‌جویی می‌کند، بلکه ایمنی را نیز با کاهش نیاز به تعمیرات اضطراری در شرایط خطرناک افزایش می‌دهد. برای مثال، الگوریتم‌ها می‌توانند خوردگی لوله‌ها یا لرزش غیرعادی توربین‌ها را پیش از آنکه به فاجعه تبدیل شود، شناسایی کنند.

اتوماسیون پیشرفته و روباتیک: اتوماسیون در صنعت پتروشیمی از اتاق‌های کنترل فراتر رفته و به میدان عملیات وارد شده است.

فناوری همتای دیجیتال، ایجاد یک نسخه مجازی دقیق و زنده از یک دارایی فیزیکی (مانند یک کمپرسور، یک واحد تقطیر یا کل یک پالایشگاه) است. این مدل مجازی با استفاده از داده‌های لحظه‌ای دریافتی از هزاران سنسور اینترنت اشیا (IoT)، رفتار نسخه فیزیکی خود را شبیه‌سازی می‌کند.

استفاده از روبات‌های خودمختار و پهپادها برای بازرسی از مخازن، فلرها و خطوط لوله در ارتفاع یا محیط‌های سمی، استانداردهای ایمنی را دگرگون کرده است. همچنین، سیستم‌های کنترل فرآیند پیشرفته (APC) که توسط AI تقویت شده‌اند، به طور مداوم و خودکار پارامترهای تولید (مانند دما و فشار) را تنظیم می‌کنند تا مصرف انرژی را به حداقل و محصول باکیفیت را به حداکثر برسانند. این سطح از اتوماسیون به ویژه در مناطقی که با کمبود نیروی کار متخصص مواجه‌اند، حیاتی است.

تحلیل داده و زنجیره تأمین هوشمند: تحلیل کلان داده‌ها (Big Data Analytics) به شرکت‌ها امکان می‌دهد تا کل زنجیره ارزش خود را یکپارچه کنند. از پیش‌بینی نوسانات قیمت خوراک تا بهینه‌سازی موجودی انبار و لجستیک، تصمیم‌گیری‌ها اکنون «داده‌محور» هستند. پلتفرم‌های دیجیتال می‌توانند ناکارآمدی‌ها را در سراسر زنجیره تأمین شناسایی کرده و راهکارهای فوری ارائه دهند. حتی در بخش تحقیق و توسعه، هوش مصنوعی مولد (Generative AI) در حال تسریع فرآیند کشف فرمولاسیون‌های جدید مواد و کاتالیست‌هاست.

سرمایه‌گذاری در نیروی انسانی: با شتاب گرفتن گذار صنعت پتروشیمی، بازآموزی نیروی کار و توسعه استعدادها به حوزه‌هایی برای سرمایه‌گذاری راهبردی تبدیل شده‌اند که از مهم‌ترین سرفصل‌های آن در آینده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: شرکت‌ها با دانشگاه‌ها و برنامه‌های آموزش فنی و حرفه‌ای همکاری می‌کنند تا متخصصانی متناسب با نیازهای آینده تربیت کنند.

مهندسان در حوزه‌هایی مانند هوش مصنوعی، سامانه‌های دیجیتال و چهارچوب‌های پایداری آموزش می‌بینند. جذب استعدادها با تمرکز بر مهارت‌های میان‌رشته‌ای - شیمی، داده‌پژوهی و مهندسی محیط‌زیست - بازطراحی می‌شود. شکاف نیروی انسانی متخصص، به‌ویژه در نقش‌های تخصصی، موجب