فصلنامه انجمن علمی مهندسی مکانیک دانشگاه

کارنو
CARNO

شماره دو | بهار ۱۴۰۵

مجتمع آموزش عالی گناباد

انجمن علمی مهندسی مکانیک
دانشگاه گناباد

کاربرد AI در مهندسی مکانیک

سیکل ترکیبی GE Frame 9 و Siemens

خنک کننده های پنل های خورشیدی

آپشن های ماشین های کلاسیک

کارنو

فصلنامه علمی دانشجویی انجمن مهندسی مکانیک دانشگاه گناباد
شماره ۲ | بهار ۱۴۰۵

صاحب امتیاز | نشریه انجمن علمی مکانیک دانشگاه گناباد
استاد مشاور | دکتر زهره شمس
مدیر مسئول | دکتر مجتبی باغبان
سر دبیر | اشکان ستاری
دبیر پژوهشی | اشکان ستاری
دبیر رسانه | حسین مرادی
ویراستار علمی | تیم ویراستاری نشریه کارنو
ویراستار فنی | اشکان ستاری
گرافیک و صفحه آرایی | اشکان ستاری ، حسین مرادی
مهدی یزدی نژاد

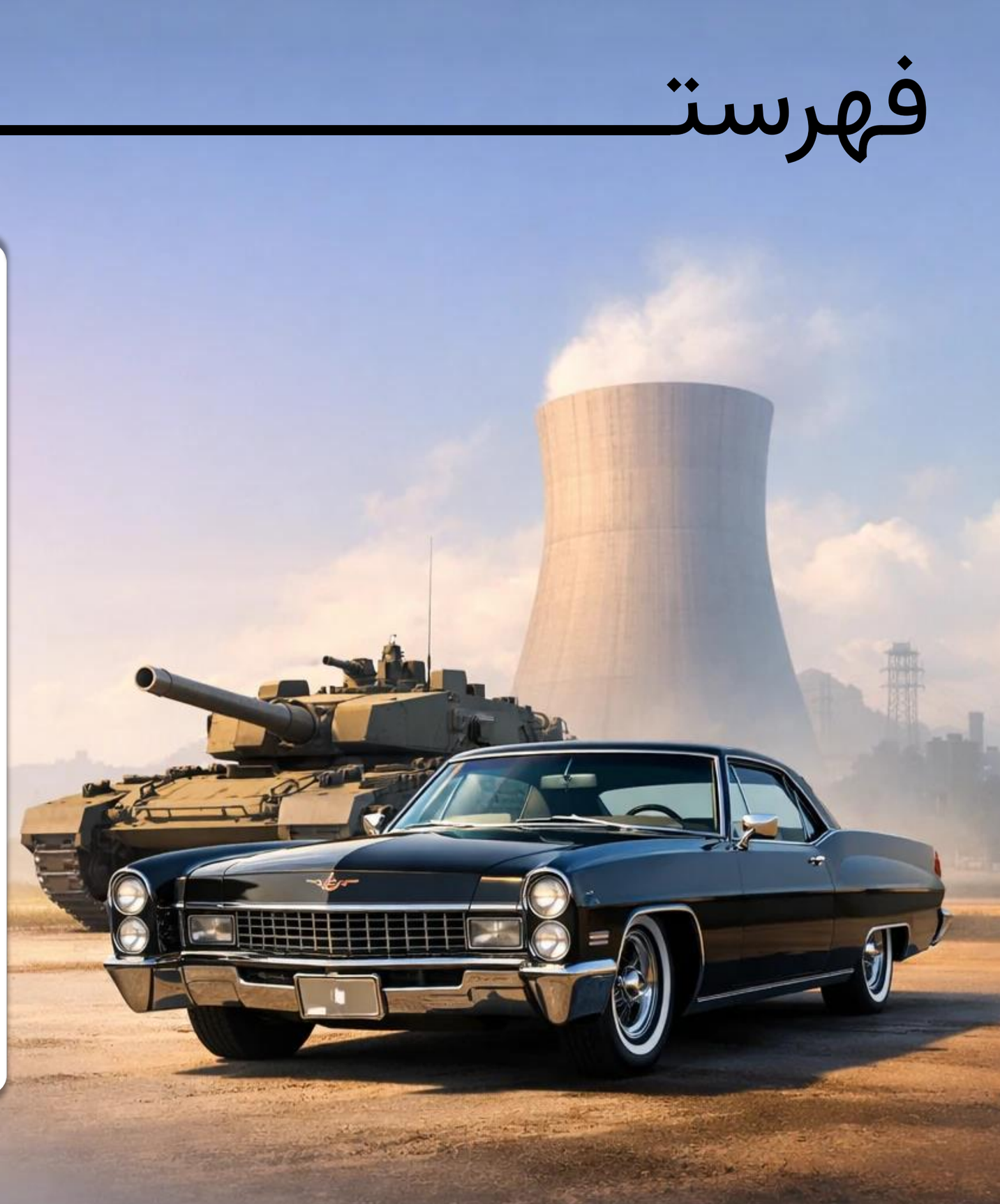
هیئت تحریریه | اشکان ستاری
دکتر زهره شمس ، دکتر مجتبی باغبان

گناباد | بلوار قصبه | انتهای بلوار شهدای گمنام | پردیس دانشگاه گناباد | انجمن علمی مهندسی مکانیک دانشگاه گناباد

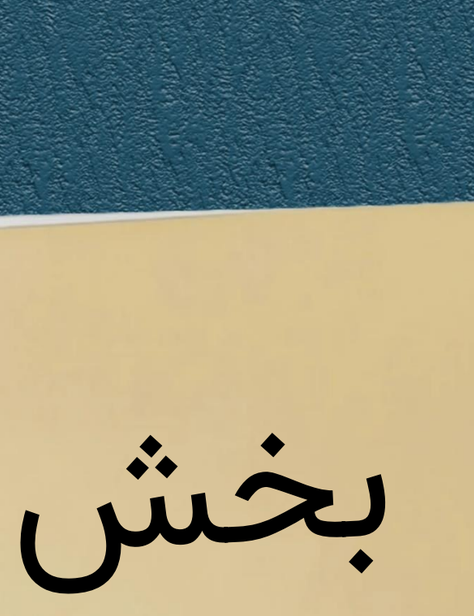
www.gonabad.ac.ir

فهرست

۴	**سرمقاله**
۵	**بخش مقالات:**
۶	بررسی آپشن های ماشین های کلاسیک
۲۰	بررسی خودروهای زرهی (تانک ها)
۳۸	بررسی روش های خنک کاری پنل های خورشیدی
۵۰	**بخش سرگرمی :** هزارتوی چرخ دنده ها
۵۲	تاثیر جهت فرزکاری بر خواص تیتانیوم خالص
۶۶	بررسی سیکل ترکیبی واحد گازی F9 و Siemens
۹۸	کاربرد هوش مصنوعی در مهندسی مکانیک
۱۱۴	**بخش گزارش:** معرفی جنگنده J-35A
۱۲۰	**بخش فرهنگی: معرفی کتاب** | مهندس بودن یعنی انسان بودن
۱۲۶	**معرفی پادکست** | شیخ رنگین کمان
۱۳۰	**بخش خبری: مکانیک نیوز**
۱۳۴	**سخن مدیر مسئول**



بخش مقالات



سرمقاله

به نام هستی بخش

بهار امسال برای ما، نه آغاز یک فصل تازه، که یادآور یکی از تلخ‌ترین روزهای عمرمان بود. روزهایی که سنگینی فقدان، مجال هر کاری را از دل‌ها می‌گرفت و نفس را در سینه حبس می‌کرد. این شماره از فصل‌نامه قرار نبود منتشر شود؛ نه به‌خاطر کمبود زمان یا دشواری کار، بلکه چون روح‌های ما زخمی بود... زخمی از انسانی‌ترین اندوه‌ها: از دست رفتن جان‌های معصوم.

غمِ مادرانی که فرزندانشان را با رنج و عشق بزرگ کردند و یک باره در دل کلاس درس، در محیطی که باید امن ترین جای دنیا باشد، عزیزانشان را از دست دادند، غمی نیست که بتوان برایش واژه پیدا کرد. رنج خانواده‌هایی که کودکانشان بی‌دلیل و بی‌پناه، قربانی خشونت و بی‌رحمی شدند، سنگینی‌اش بر شانه‌های همه ما نشسته است. ما دانشجوییم، اما پیش از آن انسانیم؛ و انسان بودن یعنی دردِ انسان را فهمیدن، حتی اگر توان تسلّی نداشته باشیم.

در این روزهای تلخ، بیش از هر زمان دیگر فهمیدیم که علم فقط دانستن نیست؛ مسئولیت است. فهمیدیم که تلاش ما، هرچند کوچک، می‌تواند سهمی در ساختن آینده‌ای داشته باشد که شاید کمتر در آن شاهد چنین رخدادهای دلخراشی باشیم. شاید همین امید کوچک بود که دوباره ما را بر سر کار نشاند، دستمان را به قلم رساند و این فصل‌نامه را، هرچند با قلبی سنگین، تقدیم شما کرد.

این شماره، به روح تمام عزیزانی تقدیم می‌شود که رفتنشان زخمی بر دل این سرزمین گذاشت. باشد که یادشان چراغی باشد برای روشن نگه داشتن مسیر انسانیت، دانش و صلح.

اشکان ستاری

سردبیر نشریه کارنو

CLASSIC OPTIONS

بررسی آپشن های ماشین های کلاسیک

- سپرهای فنری
- سامانه کروز کنترل
- کاناپه سازی به سبک آمریکایی
- سقف فلزی جمع‌شونده
- دیفرانسیل با لغزش محدود
- سیستم وکیوم درب صندوق

بررسی خودروهای کلاسیک

رضا مقدم پور

دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک دانشگاه گناباد

جمیل نویسنده

دانشگاه گناباد

ماشین کلاسیک

دهه طلایی آپشن ها: سفری به دنیای خودروهای کلاسیک

دهه‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰ را می‌توان دوران طلایی خودروسازی آمریکا دانست؛ زمانی که خودرو تنها وسیله‌ای برای جابه‌جایی نبود، بلکه به مثابه یک «آزمایشگاه متحرک» برای نمایش فناوری، تجمل و خلاقیت مهندسی عمل می‌کرد. از صندلی‌های برقی مجهز به حافظه و جعبه‌دنده‌های تمام اتوماتیک گرفته تا سیستم‌های خلأ برای باز شدن درها و سامانه‌های تنظیم ارتفاع، خودروسازان آمریکایی می‌کوشیدند تجربه‌ای لوکس، متفاوت و هیجان‌انگیز برای راننده و سرنشین بسازند. بخشی از این امکانات، فراتر از زمان خود بودند و بخشی دیگر تنها برای افزودن چاشنی سرگرمی و تجمل طراحی می‌شدند. در این مقاله به سراغ دنیای شگفت انگیز و گاه عجیب آپشن‌های خودروهای کلاسیک آمریکایی می‌رویم؛ دنیایی که در آن فناوری، طراحی و کمی دیوانگی مهندسی در هم می‌آمیزند و هر خودرو را به اثری نوستالژیک روی چهار چرخ تبدیل می‌کنند.

اعلیحضرت آمریکایی: کادیلاک الدورادو ۱۹۷۲

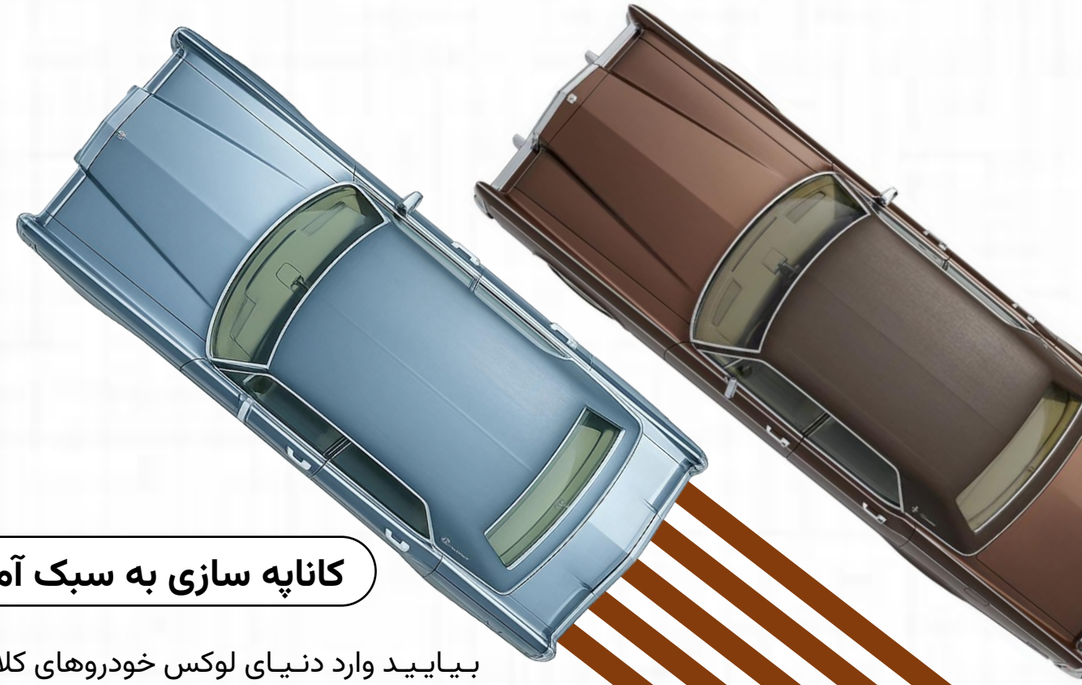
کادیلاک الدورادو مدل ۱۹۷۲، یکی از خودروهایی بود که با بهره‌گیری از سیستم‌های پیشرفته، دوران خود را پشت سر گذاشت؛ فناوری‌هایی که حتی امروز نیز در برخی خودروهای مدرن یافت نمی‌شوند. اشاره به برقی بودن صندلی‌ها و آینه‌ها در این خودرو، در مقایسه با برخی دیگر از امکانات آن، در اولویت دوم قرار می‌گیرد. برجسته‌ترین ویژگی این خودرو، سیستم نوآورانه "Twilight Sentinel" بود. این سیستم هوشمند، پس از خاموش کردن موتور و خروج سوییچ، چراغ‌های جلو (و گاهی چراغ‌های داخلی به همراه جلو) را برای مدت زمان مشخصی، از ۳۰ ثانیه تا چند دقیقه، روشن نگه می‌داشت. هدف از این قابلیت، روشن کردن مسیر راننده تا ورودی منزل یا پارکینگ بود و پس از اتمام زمان تعیین شده، چراغ‌ها به طور خودکار خاموش می‌شدند.

قاره‌پیمای لینکلن مجهز به کروز کنترل (Lincoln Continental)

نام «کانتیننتال» به‌معنای «قاره‌ای» یا «اقلیمی» است؛ انتخابی که احتمالاً به ماهیت گرند تورینگ این خودرو برمی‌گردد. لینکلن کانتیننتال ۱۹۷۳ خودرویی مناسب سفرهای طولانی و جاده‌های بین‌ایالتی بود و به همین دلیل، مجهز به سامانه کروز کنترل می‌شد. جالب است بدانید که کلید فعال‌سازی کروز کنترل در این مدل، روی فرمان تعبیه شده است.

از دیگر امکانات جذاب این خودرو می‌توان به چراغ‌های جلوی مخفی شونده اشاره کرد؛ چراغ‌هایی که به‌صورت برقی باز و بسته می‌شدند و جلوه‌ای خاص و مدرن به چهره خودرو می‌دادند.

نکته جالب دیگری درباره این خودرو، دیده شدن لوگوی کمپانی لینکلن است که از طلای ۲۴ عیار ساخته شده و روی شیشه اپرای آن نصب شده است؛ جزئی لوکس و کم‌نظیر که شخصیت خاص این مدل را دوچندان می‌کند.



کاناپه سازی به سبک آمریکا

بـیـایـیـد وارد دنـیـای لوکس خودروهای کلاسیک آمـریـکـایـی شـویم و نگاهی بیندازیم به صندلی‌های چرمی و چـرخـان ایـن خـودروهـا در دهـه‌هـای ۶۰ تـا ۸۰ مـیـلادی. در آن دوران، صـنـدلـی‌ها مـعـمـولاً از چرم طبیعی و باکیفیت ساخته می‌شدند؛ چرم‌هایی با دوخـت‌هـای کـلاسیـک و بـافـت‌های لمسی کـه حس اصالت و تجمل را به سرنشین منتقل می‌کـرد. در برخـی مـدل‌هـا، صندلی‌ها علاوه بر روکش چرمی، از بالشتک‌ها و تکیه‌گاه‌های قابل تنظیم بهره می‌بردند. برای نمونه، Cadillac DeVille 1974 مجهز بـه صندلی‌هایی از چرم گاوی با دوخت‌های مقاوم بود که دوام آن‌ها گاه به بیش از پنجاه سال می‌رسید.

اما شاید جذاب‌تر از جنس صندلی‌ها، وجود صندلی‌های چرخان در برخی خودروهای آمریکایی قدیمی بـاشـد؛ قابلیتی نوآورانه کـه در مدل‌هایی مانند Chevrolet Monte Carlo دیـده مـی‌شـد. هـدف از طراحی این مکانیزم، افزایش راحتی سرنشین هنگام ورود و خروج از خودرو بود، به‌ویژه در خودروهای بزرگ و لوکس.

مکانیزم این صندلی‌ها به این صورت عمل می‌کرد که صندلی روی یک پایه گردان قرار می‌گرفت و با کشیدن یک اهرم یا فشار دادن دکمه، به سمت درب خودرو می‌چرخید تا سرنشین بتواند به راحتی سوار یا پیاده شود. پس از قرارگیری در وضعیت مناسب، پایه‌ی صندلی قفل می‌شد تا هنگام رانندگی کاملاً ثابت و ایمن باقی بماند.

نماینده صنعت خودروسازی آمریکا: سپرهای فنری

در خودروهای آمریکایی قدیمی، به‌ویژه مدل‌های دهه‌های ۵۰ تا ۷۰ میلادی، یکی از ویژگی‌های جالب و منحصربه‌فرد «سپرهای فنری» یا " Energy-Absorbing Bumpers" بود. این سپرها با بهره‌گیری از سازوکاری شامل فنر یا کمک‌فنرهای کوتاه، قادر بودند ضربه‌های ناشی از برخوردهای کم‌سرعت را جذب کنند.

عملکرد آن‌ها به این صورت بود که سپر به‌صورت فنر یا میله‌ای انعطاف‌پذیر طراحی می‌شد و هنگام برخورد با موانع کوچک، انرژی ضربه را جذب کرده و کمی به عقب فشرده می‌شد. پس از پایان ضربه، سپر به حالت اولیه خود بازمی‌گشت. هدف از این فناوری، کاهش آسیب به بدنه و سپر خودرو، افزایش ایمنی سرنشینان در تصادفات کم‌سرعت و محافظت از خودرو در شرایطی مانند پارک کردن یا توقف‌های ناگهانی بود.

از جمله خودروهای شاخصی که به این نوع سپرها مجهز بودند می‌توان به Cadillac Eldorado و Chevrolet Impala اشاره کرد.

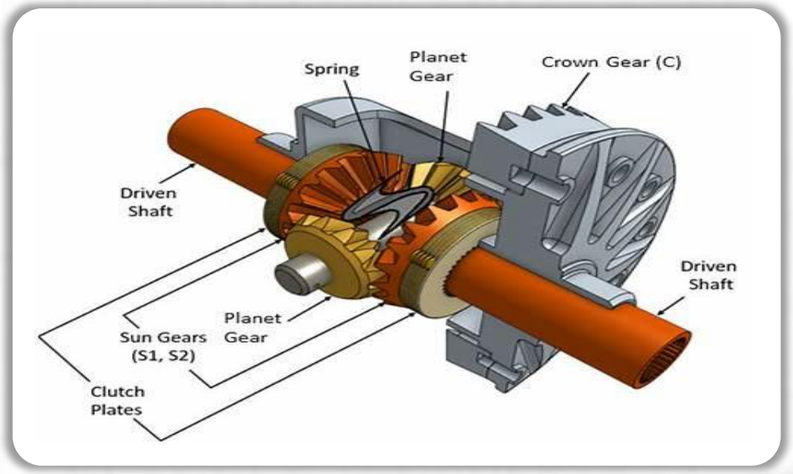
از جلوه‌های هوش مهندسی بشر: دیفرانسیل با لغزش محدود

دیفرانسیل معمولی در خودروها وظیفه دارد امکان چرخش چرخ‌ها با سرعت‌های متفاوت را فراهم کند؛ به‌ویژه هنگام پیچیدن، که چرخ بیرونی باید مسافت بیشتری طی کند. اما این سیستم یک ضعف اساسی دارد: اگر یکی از چرخ‌ها روی سطحی لغزنده مانند یخ، شن یا گل قرار بگیرد، بیشتر قدرت موتور به همان چرخ منتقل می‌شود و چرخ دیگر عملاً بی‌استفاده می‌ماند. نتیجه آن است که خودرو حرکت نمی‌کند.

در همین‌جا فناوری «دیفرانسیل با لغزش محدود» وارد عمل می‌شود. این سامانه که در بسیاری از خودروهای آمریکایی دهه‌های ۶۰ و ۷۰ دیده می‌شود، به‌گونه‌ای طراحی شده است که حتی در صورت از دست رفتن چسبندگی یک چرخ، بخشی از نیرو را به چرخ دیگر منتقل می‌کند. در نسخه‌های مکانیکی آن دوران، این کار از طریق کلاچ‌ها و دیسک‌های اصطکاکی داخلی انجام می‌شد.

مزیت اصلی دیفرانسیل با لغزش محدود ، بهبود کنترل و انتقال قدرت در شرایط مختلف جاده‌ای چه خشک و چه خیس بود و به رانندگی پایدارتر و ایمن‌تر کمک می‌کرد.

از جمله خودروهای شاخص مجهز به این سیستم می‌توان به Pontiac GTO و Ford Mustang اشاره کرد.

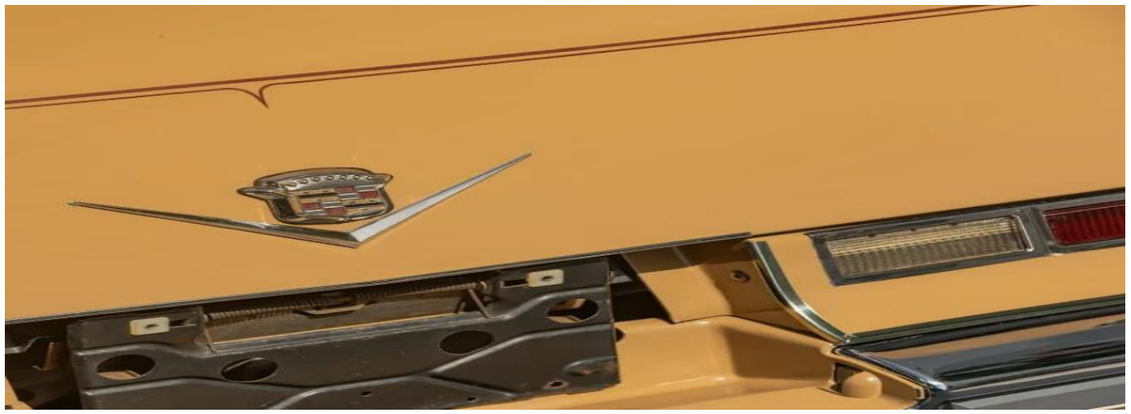


پرچمدار لوکس‌های جهان: کادیلاک سویل ۱۹۷۹

اگر با دقت به تصویر کادیلاک سویل ۱۹۷۹ (Cadillac Seville) نگاه کنید، برآمدگی‌هایی کوچک روی بالای گلگیرها مشاهده خواهید کرد که ممکن است تصور کنید صرفاً جنبه زیبایی دارد؛ اما حقیقت چیز دیگری است.

این برآمدگی‌ها در واقع چراغ‌های کوچکی هستند که به راننده کمک می‌کنند وضعیت لامپ‌های چراغ جلو را کنترل کند. به این صورت که اگر چراغ‌های جلو سالم و فعال باشند، نور کافی به این چراغ‌های کوچک منعکس شده و روشن می‌شوند. اما اگر یکی از لامپ‌های چراغ جلو سوخته یا دچار نقص شود، میزان نور بازتابی کاهش یافته و این چراغ‌های کوچک کم‌نور یا خاموش می‌مانند.

نکته جالب آن است که این چراغ‌های کوچک مستقیماً لامپ مستقل ندارند و فقط از نور چراغ‌های جلو استفاده می‌کنند. این مکانیسم هوشمندانه به راننده امکان می‌دهد بدون نیاز به چک کردن دستی، سریعاً از سلامت سیستم روشنایی خودرو مطلع شود و به این ترتیب ایمنی رانندگی افزایش یابد.



شاهکار مهندسی در دهه خود: Ford Fairlane با سقف فلزی جمع‌شونده

فورد فیرلین (Ford Fairlane) با سقف فلزی جمع‌شونده، یکی از شاهکارهای پیشرو مهندسی در زمان خود به‌شمار می‌رفت. این سیستم پیچیده با استفاده از ۷ موتور الکتریکی، ۴ جک هیدرولیکی و حدود ۱۹۰ متر سیم‌کشی طراحی شده بود و تنها با فشردن یک دکمه، سقف خودرو به‌صورت خودکار باز یا بسته می‌شد. این فناوری در زمان خود نمادی از خلاقیت، دقت و جسارت در صنعت خودروسازی آمریکا بود و فورد را به یکی از پیشگامان طراحی‌های مکانیکی هوشمند تبدیل کرد.

کادیلاک دوویل ۱۹۷۴ مجهز به دماسنج مکانیکی و سیستم وکیوم درب صندوق

کادیلاک دوویل ۱۹۷۴ به دماسنج مکانیکی هوای بیرون مجهز است که در قسمت پایین آینه سمت راننده نصب شده است. همچنین این خودرو از سیستم وکیوم برای درب صندوق عقب بهره می‌برد. با کمک این سیستم، نیازی به محکم و با فشار بستن در صندوق نیست؛ کافیست درب صندوق را تا نزدیکی قفل پایین آورید، سپس سیستم وکیوم با استفاده از موتورهای مخصوص تعبیه شده در صندوق، به‌طور کامل درب را محکم و ایمن می‌بندد.

IRON GIANTS

بررسی آپشن های خودروهای زرهی

- مدل‌سازی دینامیکی خودروهای زرهی
- انتخاب مواد بر پاسخ ارتعاشی
- سیستم‌های تعلیق و کنترل ارتعاش
- سرعت و شتاب خودروهای زرهی
- حفاظت بالستیکی
- مقاومت خودرو در برابر انفجار و مین

علیرضا محمدی

دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک دانشگاه گناباد

جیمیل نویسنده

بررسی خودروهای زرهی

دانشگاه گناباد

خودروهای زرهی

طراحی دینامیکی خودروهای زرهی؛ فراتر از افزایش ضخامت زره

خودروهای زرهی نظامی برای عملکرد در شرایط عملیاتی بسیار سخت طراحی می‌شوند؛ شرایطی که شامل زمین‌های ناهموار، ضربات انفجاری، تغییرات ناگهانی سرعت، مانورهای سریع و بارگذاری‌های دینامیکی پیچیده است. در چنین محیطی، افزایش ضخامت زره یا افزودن جرم، هرچند به ظاهر سطح حفاظت را ارتقا می‌دهد، اما به‌تنهایی نمی‌تواند کارایی عملیاتی را تضمین کند. افزوده شدن جرم پیامدهای دینامیکی مهمی دارد که می‌تواند بر پایداری حرکتی، پاسخ ارتعاشی و عمر خستگی سازه اثر منفی بگذارد.

از دیدگاه مهندسی مکانیک، یک خودروی زرهی را می‌توان یک سیستم دینامیکی چند متغیره در نظر گرفت که در آن جرم، سختی، میرایی و نیروهای خارجی به‌طور هم‌زمان با یکدیگر در تعامل‌اند. ناهمواری‌های زمین به عنوان ورودی دینامیکی به این سیستم اعمال می‌شوند و ارتعاشات پیچیده‌ای در بدنه، شاسی و تجهیزات داخلی ایجاد می‌کنند. این ارتعاشات می‌توانند دقت سامانه‌های هدف‌گیری را کاهش دهند، تنش‌های متناوب ایجاد کنند و در نهایت توان رزمی خودرو را تحت تأثیر قرار دهند.

تجربه طراحی در پلتفرم‌های شاخصی مانند تانک M1 Abrams، نفربر BMP-3 و خودروی چرخ‌دار Stryker نشان می‌دهد که موفقیت عملیاتی این سامانه‌ها تنها حاصل افزایش سطح حفاظت نیست؛ بلکه نتیجه بهینه‌سازی هم‌زمان جرم، توزیع وزن، طراحی شاسی و سیستم تعلیق است. در این میان، مهندسی مکانیک نقشی محوری دارد و پیوندی میان طراحی سازه‌ای و کنترل دینامیکی برقرار می‌کند تا خودرو بتواند در سخت‌ترین شرایط عملکرد مطمئن و پایداری از خود نشان دهد.

مدل‌سازی دینامیکی خودروهای زرهی

مدل‌سازی دینامیکی پایه تحلیل رفتار ارتعاشی خودروهای زرهی است و امکان پیش‌بینی دقیق پاسخ خودرو در شرایط عملیاتی ناهموار را فراهم می‌کند. این خودروها را می‌توان به صورت یک سیستم چند درجه آزادی مدل‌سازی کرد که شامل جرم بدنه، جرم چرخ‌ها یا شنی‌ها، سختی سیستم تعلیق و ضرایب میرایی است. برای نمونه، در خودروهای چرخ‌دار ۸×۸، مدل کامل می‌تواند بیش از ۱۰ درجه آزادی داشته باشد و حرکاتی مانند جابه‌جایی عمودی، رول، پیچ و نوسانات هر محور را در بر گیرد.

معادلات حرکت معمولاً در قالب ماتریسی بیان می‌شوند و شامل ماتریس جرم، ماتریس سختی و ماتریس میرایی هستند. تحریک ناشی از ناهمواری زمین اغلب به‌صورت یک تابع تصادفی مدل می‌شود تا شرایط واقعی حرکت روی سطوح نامتوازن بازتولید شود. تحلیل پاسخ سیستم در حوزه زمان و فرکانس نیز امکان شناسایی فرکانس‌های طبیعی، مودهای غالب ارتعاشی و شرایط تشدید را فراهم می‌کند.

روش‌های پیشرفته شبیه‌سازی شامل تحلیل مودال، تحلیل پاسخ گذرا و شبیه‌سازی چندجسمی دینامیکی (MBS) هستند.

- تحلیل مودال به تعیین فرکانس‌های طبیعی و حالت‌های ارتعاشی مؤثر کمک می‌کند.
- تحلیل پاسخ گذرا رفتار سیستم در برابر ضربه‌ها و پالس‌های ناگهانی را بررسی می‌کند.
- شبیه‌سازی چند جسمی دینامیکی تعامل پیچیده میان جرم، سختی و میرایی زیرسامانه‌ها را نمایش داده و می‌تواند اثر ناهمواری‌های تصادفی، تغییرات سرعت و مانورهای دینامیکی را به‌صورت دقیق بازسازی کند.

افزایش جرم زره معمولاً موجب کاهش فرکانس طبیعی سیستم می‌شود و اگر این فرکانس به محدوده فرکانس تحریک زمین نزدیک گردد، دامنه ارتعاش افزایش یافته و پدیده تشدید رخ می‌دهد. از این‌رو، تحلیل دقیق طیف فرکانسی و مودال برای جلوگیری از تشدید و کاهش انتقال ارتعاش به کابین اهمیت اساسی دارد.

در این راستا، محاسبه تابع پاسخ فرکانسی (FRF) و نسبت انتقال ارتعاش (Transmissibility)معیارهای کمی برای سنجش میزان انتقال ارتعاش از مسیر/شاسی به کابین فراهم می‌کند.

تأثیر جرم سازه‌ای و انتخاب مواد بر پاسخ ارتعاشی

انتخاب مواد در خودروهای زرهی صرفاً بر اساس مقاومت مکانیکی انجام نمی‌شود؛ بلکه رفتار دینامیکی سازه نیز باید به‌دقت مورد توجه قرار گیرد. افزایش جرم کلی خودرو هرچند می‌تواند سطح حفاظت را افزایش دهد، اما هم‌زمان موجب بالا رفتن نیروهای اینرسی شده و بارهای دینامیکی وارد بر سیستم تعلیق و شاسی را تشدید می‌کند. این موضوع مستقیماً بر پایداری حرکتی، پاسخ ارتعاشی و طول عمر اجزای سازه‌ای اثر می‌گذارد.

در تانک M1 Abrams استفاده از ترکیب زره‌های چندلایه و به‌کارگیری مواد سبک‌تر در بخش‌های غیر بحرانی با هدف کنترل جرم کلی و جلوگیری از افزایش بیش از حد بار دینامیکی صورت گرفته است. در نفربر BMP-3 استفاده از آلیاژهای آلومینیوم با استحکام بالا بیانگر رویکردی مبتنی بر بهینه‌سازی نسبت استحکام به وزن است؛ رویکردی که به کاهش جرم و در نتیجه کاهش پاسخ ارتعاشی کمک می‌کند.

در پلتفرم Stryker طراحی ماژولار نقش مهمی دارد. این طراحی امکان می‌دهد سطح حفاظت و جرم خودرو بسته به نوع مأموریت تغییر کند و سیستم تعلیق نیز متناسب با جرم جدید تنظیم یا بهینه شود. این انعطاف‌پذیری موجب می‌شود خودرو در سناریوهای مختلف عملیاتی از نظر دینامیکی رفتار قابل پیش‌بینی و پایدار داشته باشد.

۱. خودروی زرهی T-72 بدنه فولادی

ویژگی‌های بدنه:

- استفاده گسترده از فولاد زرهی نوردشده RHA
- تمرکز بر مقاومت حداکثری در برابر اصابت مستقیم گلوله
- وزن بالا اما دوام مکانیکی بسیار زیاد.

۱. **خودروی زرهی M2 Bradley (بدنه آلومینیومی)**

ویژگی‌های بدنه:

- بدنه اصلی ساخته‌شده از آلیاژ آلومینیوم زرهی
- وزن کمتر نسبت به تانک‌های دارای بدنه فولادی
- قابلیت تحرک و جابه‌جایی سریع‌تر در میدان نبرد

۱. **خودروی زرهی Puma IFV (بدنه کامپوزیتی)**

ویژگی‌های بدنه:

- **استفاده از زره چندلایه شامل سرامیک + کامپوزیت + فولاد**
- **سطح حفاظت بسیار بالا نسبت به وزن کلی**
- **بهره‌گیری از زره ماژولار با قابلیت تعویض یا ارتقا بر اساس مأموریت**

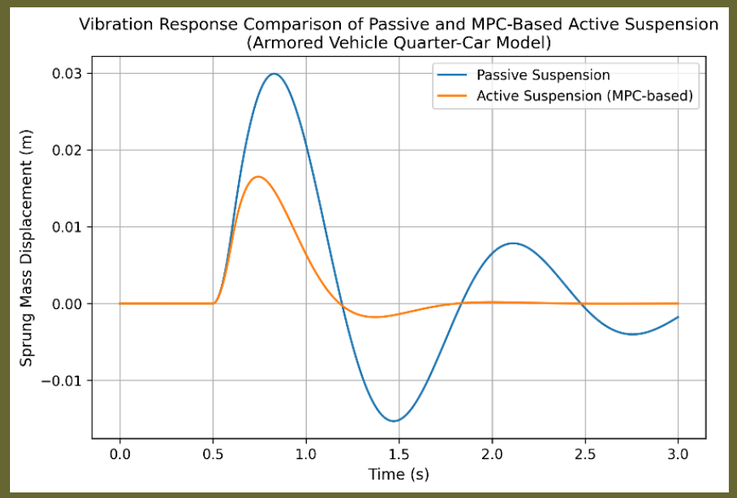
سیستم‌های تعلیق و کنترل ارتعاش

سیستم تعلیق نقشی اساسی در ایزولاسیون ارتعاشات ناشی از ناهمواری زمین و حفظ پایداری حرکتی خودروهای زرهی دارد. سامانه‌های سنتی مبتنی بر فنر و دمپر با ضرایب ثابت، تنها عملکرد محدودی در کاهش ارتعاشات دارند و در شرایط عملیاتی دشوار پاسخ مطلوبی ارائه نمی‌دهند. در مقابل، تعلیق‌های فعال و نیمه‌فعال با بهره‌گیری از حسگرهای لحظه‌ای و الگوریتم‌های کنترل مدرن، قادرند شتاب عمودی، زاویه رول و پیچ خودرو را کاهش داده و پایداری در سرعت‌های بالا را به‌طور چشمگیری بهبود دهند.

از جمله الگوریتم‌های رایج کنترل می‌توان به کنترل بازخورد حالت (LQR)، کنترل H_∞ و کنترل پیش‌بینی مدل (MPC) اشاره کرد. این کنترل‌کننده‌ها با تطبیق پیوسته دینامیک سیستم تعلیق با شرایط زمین، بارگذاری و سرعت خودرو، میزان نیروهای فنر و دمپر را در لحظه محاسبه و اعمال می‌کنند تا دامنه ارتعاشات به حداقل برسد.

تحلیل‌های پیشرفته همچنین به بررسی توزیع انرژی ارتعاشی میان بدنه، شاسی و تجهیزات داخلی می‌پردازند. افزایش جرم یا سختی غیرهمگن می‌تواند انتقال ارتعاش به کابین را افزایش داده و موجب کاهش دقت سامانه‌های تسلیحاتی شود. از این‌رو، بهینه‌سازی ضرایب میرایی، سختی فنر و الگوریتم کنترل فعال برای کاهش شتاب منتقل‌شده به سرنشینان و تجهیزات حیاتی ضروری است.

در خودروهای زرهی مدرن، ترکیب تعلیق فعال و نیمه‌فعال با طراحی ماژولار سازه امکان تنظیم دقیق رفتار دینامیکی متناسب با مأموریت، بارگذاری و نوع زمین را فراهم می‌کند. همچنین تحلیل پاسخ فرکانسی سیستم به مهندسان اجازه می‌دهد مودهای غیرخطی، نقاط تشدید محتمل و رفتار ارتعاشی در شرایط عملیاتی شدید را شناسایی کرده و پایداری حرکتی، دوام سازه و ایمنی خدمه را بهینه‌سازی کنند.



مقایسه تعلیق غیرفعال و تعلیق فعال مبتنی بر MPC

۱. تعلیق غیرفعال

• پس از عبور از یک دست‌انداز (در حدود ۰٫۵ ثانیه)، دامنه نوسان بدنه زیاد است.

• چندین سیکل نوسان قبل از رسیدن سیستم به حالت پایدار رخ می‌دهد.

• زمان نشست (Settling Time) طولانی‌تر است.

• مقدار overshoot بیشتر بوده و سیستم دیرتر به آرامش می‌رسد.

۲. تعلیق فعال مبتنی بر کنترل پیش‌بینی مدل (MPC)

• دامنه جابه‌جایی بدنه تقریباً نصف حالت تعلیق غیرفعال است.

• نوسان‌ها بسیار سریع‌تر میرا می‌شوند.

• زمان نشست کوتاه‌تر و پایداری سریع‌تر حاصل می‌شود.

• overshoot کمتر است و پاسخ سیستم کنترل‌شده‌تر است.

• کنترل‌کننده با **پیش‌بینی رفتار آینده سیستم**، نیروی کنترلی مناسب را در همان لحظه تولید می‌کند تا ارتعاشات پیش از تشدید شدن مهار شوند.

مقاومت خودرو در برابر گلوله (حفاظت بالستیکی)

حفاظت بالستیکی به توانایی سازه در جذب، پراکنده‌سازی یا متوقف‌سازی انرژی جنبشی پرتابه‌های پرسرعت اطلاق می‌شود. برخورد گلوله با زره یک پدیده دینامیکی بسیار سریع و گذرا است؛ در این مقیاس زمانی کوتاه، تنش‌های فشاری، برشی و موج‌های ضربه‌ای شدید در ماده ایجاد می‌شود. به همین دلیل، رفتار ماده هنگام برخورد به شدت به نرخ کرنش وابسته بوده و پاسخ الاستوپلاستیک غیرخطی آن نقش تعیین‌کننده‌ای دارد.

در طراحی‌های مدرن، زره‌ها به طور معمول به صورت چندلایه و ترکیبی (Composite Armor) ساخته می‌شوند تا هر لایه، بخشی از انرژی برخورد را به‌شیوه‌ای متفاوت مدیریت کند:

- لایه خارجی: از فولادهای زرهی با سختی و استحکام بالا تشکیل می‌شود. وظیفه اصلی این لایه، تغییر شکل یا خرد کردن نوک و هسته پرتابه و آغاز روند کاهش انرژی آن است.
- لایه‌های میانی سرامیکی: صفحات سرامیکی بسیار سخت موجب شکست ترد (Brittle Fracture) پرتابه و پراکنده شدن انرژی ضربه می‌شوند. این لایه نقش کلیدی در کاهش سرعت نفوذ دارد.
- لایه‌های داخلی: کامپوزیت‌های الیافی مانند آرامیدها یا پلیمرهای تقویت‌شده قرار دارند که انرژی باقی‌مانده را از طریق کشش، پارگی تدریجی، تغییر شکل تدریجی و اصطکاک داخلی جذب می‌کنند.

تحلیل این فرآیند نیازمند مدل‌سازی عددی پیشرفته نظیر روش اجزای محدود با در نظر گرفتن پارامترهایی همچون زاویه برخورد، سرعت اولیه پرتابه، سختی و چقرمگی شکست مواد، ضخامت لایه‌ها و نرخ کرنش است. هدف اصلی طراحی زره، دستیابی به بیشترین میزان جذب انرژی با کمترین افزایش جرم است؛ زیرا افزایش جرم به طور مستقیم بر چابکی، شتاب‌گیری، مصرف سوخت و عملکرد دینامیکی خودروهای زرهی تأثیر می‌گذارد.

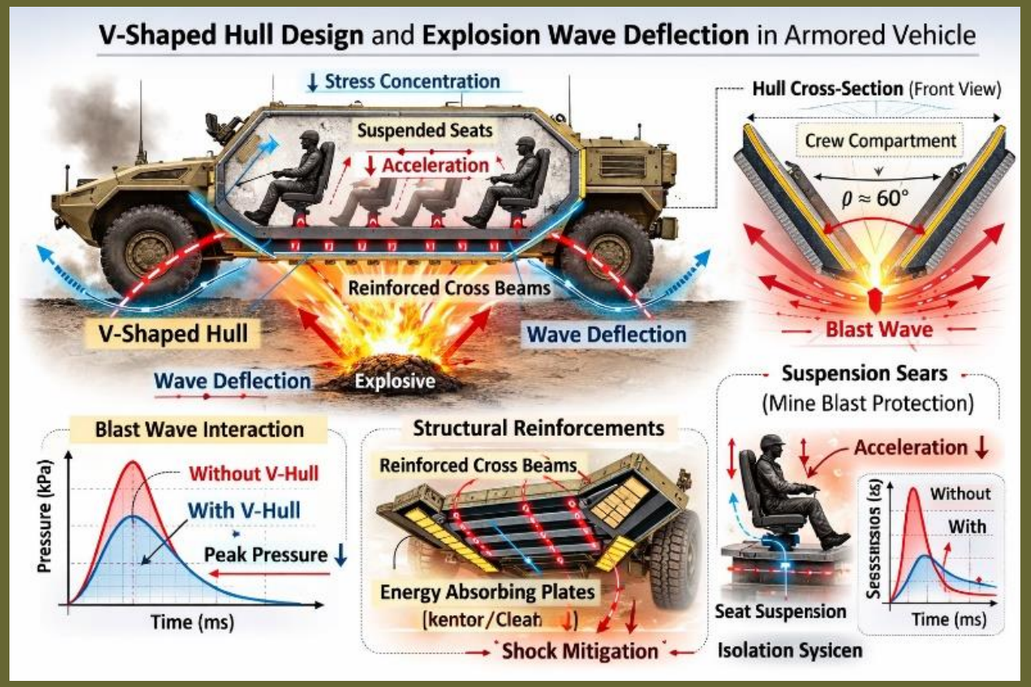
نمای شماتیک زره چندلایه کامپوزیتی و مکانیزم‌های جذب انرژی بالستیکی شامل تغییر شکل گلوله، شکست سرامیک، اتلاف انرژی در لایه‌های کامپوزیتی، پراکندگی موج تنش و مهار نهایی قطعات باقی‌مانده.

مقاومت خودرو در برابر انفجار و مین

تهدیدات انفجاری ماهیتی کاملاً متفاوت از برخوردهای بالستیکی دارند. در انفجار زیر خودرو، موج ضربه‌ای با فشار بسیار بالا و در زمان بسیار کوتاه به کف خودرو وارد شده و بارگذاری گسترده‌ای را به کل سازه تحمیل می‌کند. این موج می‌تواند منجر به تغییر شکل پلاستیک شدید، کمانش موضعی، پارگی صفحات، و حتی شکست در اتصالات سازه‌ای شود.

یکی از راهکارهای مؤثر در کاهش اثرات موج انفجار، طراحی ویژه کف خودرو به شکل V-شکل (V-shaped hull) است. این هندسه باعث انحراف و پراکندگی موج ضربه‌ای شده و تمرکز تنش در مرکز سازه را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. همچنین، استفاده از تیرهای عرضی تقویت‌شده، صفحات جاذب انرژی، و صندلی‌های معلق ضدانفجار از جمله راهکارهای مهندسی مهم دیگر است که به کاهش انتقال شتاب به سرنشینان کمک می‌کند.

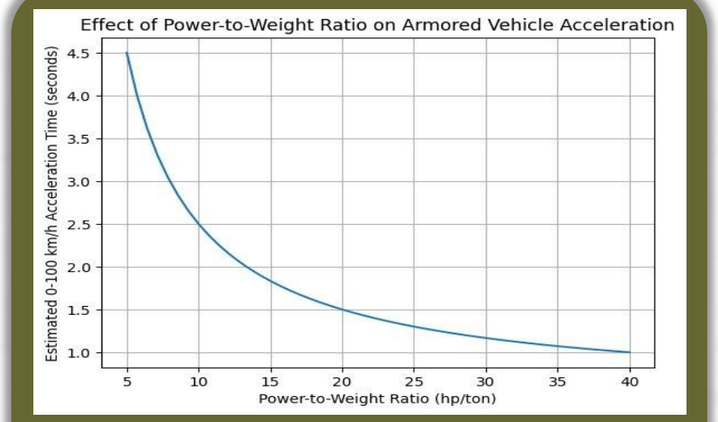
تحلیل مقاومت سازه در برابر انفجار نیازمند بررسی دقیق تعامل موج فشار با سازه، رفتار غیرخطی مواد، و انتقال انرژی در بازه‌های زمانی بسیار کوتاه می‌باشد. طراحی موفق هنگام تحقق می‌یابد که سازه ضمن حفظ یکپارچگی خود، بتواند انتقال شتاب به کابین و سرنشینان را به حداقل برساند تا از آسیب‌های جانی و سازه‌ای پیشگیری شود.



نمای شماتیک طراحی کف V شکل خودرو زرهی و مسیر انحراف موج انفجار

طراحی کف به شکل V-شکل در خودروهای زرهی، سازوکاری کلیدی برای مقابله با اثرات موج انفجار زیر خودرو است. این هندسه سبب می‌شود که موج ضربه‌ای ناشی از انفجار به جای تمرکز در مرکز سازه، به دو طرف انحراف یافته و پراکنده شود. نتیجه این فرآیند کاهش قابل توجه تمرکز تنش در ناحیه مرکزی خودرو و در پی آن انتقال کمتر شتاب و نیرو به کابین و سرنشینان آن است.

علاوه بر این، به‌کارگیری تیرهای عرضی تقویت‌شده موجب افزایش مقاومت سازه در برابر کمانش و تغییر شکل‌های موضعی می‌شود. همچنین، استفاده از صفحات جاذب انرژی به عنوان لایه‌هایی که انرژی موج انفجار را جذب و تضعیف می‌کنند، از دیگر مکانیزم‌های مؤثر در کاهش اثرات مخرب انفجار به شمار می‌روند.



نمودار: تأثیر نسبت توان به وزن بر شتاب خودرو زرهی

با افزایش نسبت توان به وزن، زمان شتاب‌گیری کاهش یافته و تحرک دینامیکی خودرو بهبود می‌یابد.

سرعت، شتاب و عملکرد دینامیکی خودروهای زرهی

افزایش سطح حفاظت معمولاً با افزایش جرم خودرو همراه است که این موضوع می‌تواند منجر به کاهش نسبت توان به وزن شود؛ این نسبت یکی از شاخص‌های کلیدی تعیین‌کننده شتاب و توان مانورپذیری خودرو است. هرچه این نسبت کمتر باشد، زمان رسیدن به سرعت عملیاتی افزایش یافته و قابلیت مانور پایین می‌آید. برای جبران این کاهش عملکرد دینامیکی، خودروهای زرهی سبک اغلب مجهز به موتورهای دیزلی پرگشتاور می‌شوند که در دورهای پایین، توان و گشتاور کافی را تأمین می‌کنند. همچنین استفاده از سیستم‌های انتقال قدرت پیشرفته و جعبه‌دنده‌های چند سرعته، به بهینه‌سازی مصرف سوخت و بهبود پاسخ دینامیکی خودرو کمک می‌کند. از سوی دیگر، برای تحمل وزن بیشتر و حفظ پایداری در زمین‌های ناهموار، بهره‌گیری از سیستم تعلیق تقویت‌شده ضرورت دارد. در طراحی دینامیکی خودروهای زرهی باید به عوامل مهمی همچون پایداری جانبی، توزیع بهینه جرم، ارتفاع مرکز ثقل، و پاسخ ارتعاشی سازه توجه ویژه‌ای داشت. موفقیت نهایی طراحی زمانی حاصل می‌شود که تعادل بهینه‌ای میان معیارهای محافظت، وزن کلی، سرعت، شتاب و پایداری برقرار گردد.

جنس بدنه و مواد به‌کاررفته در ساختار خودروهای زرهی سبک

انتخاب مواد یکی از مهم‌ترین مراحل طراحی خودروهای زرهی سبک محسوب می‌شود. فولادهای زرهی با عملیات حرارتی ویژه به دلیل استحکام و چقرمگی بالا همچنان در بخش‌های حساس و حیاتی ساختار به‌کار می‌روند، اما وزن زیاد این نوع فولادها محدودیت‌هایی در افزایش تحرک ایجاد می‌کند. از این رو، استفاده از آلیاژهای آلومینیوم با نسبت استحکام به وزن مناسب و همچنین کامپوزیت‌های پیشرفته در سال‌های اخیر به طور چشمگیری گسترش یافته است. کامپوزیت‌ها به دلیل قابلیت طراحی لایه‌ای، مقاومت عالی در برابر ضربه، و وزن پایین، امکان بهینه‌سازی همزمان حفاظت و تحرک خودرو را فراهم می‌کنند. در طراحی‌های نوین، از ساختارهای هیبریدی چندماده‌ای استفاده می‌شود که در آن هر ماده بر اساس نقش مکانیکی خود، در محل بهینه قرار می‌گیرد. این رویکرد باعث کاهش جرم کلی سازه، افزایش کارایی جذب انرژی، و بهبود عملکرد دینامیکی خودرو می‌شود.

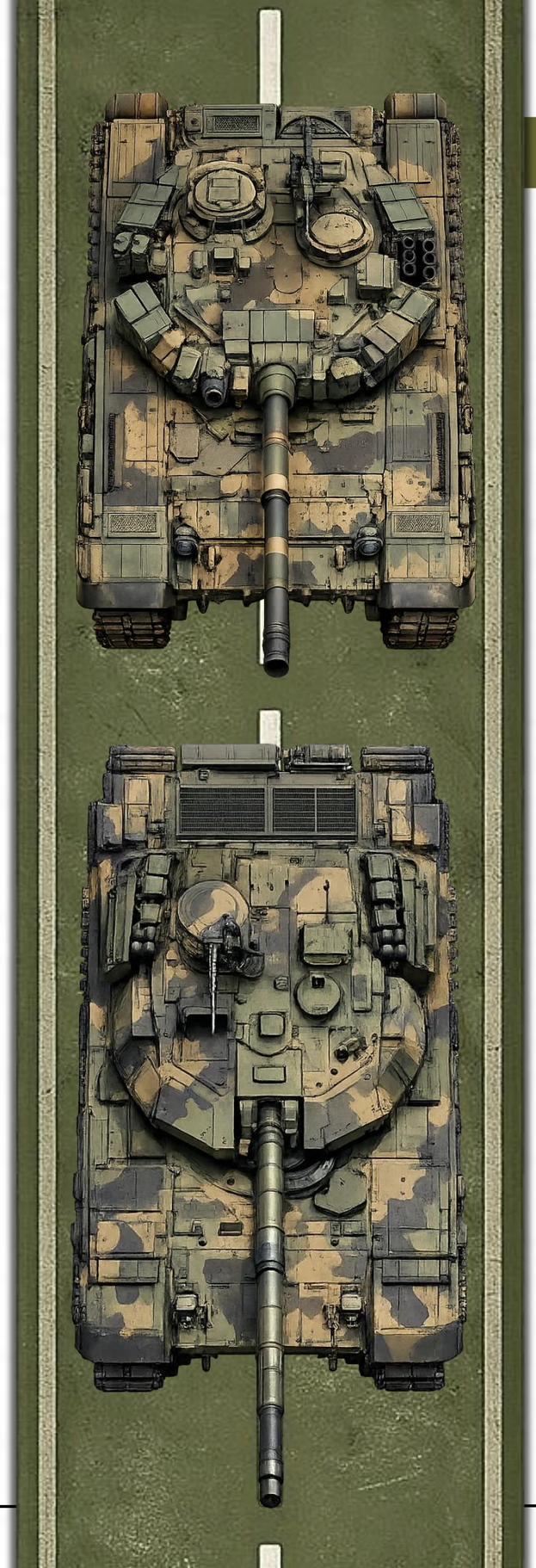
رویکرد مهندسی مکانیک در طراحی خودروهای زرهی

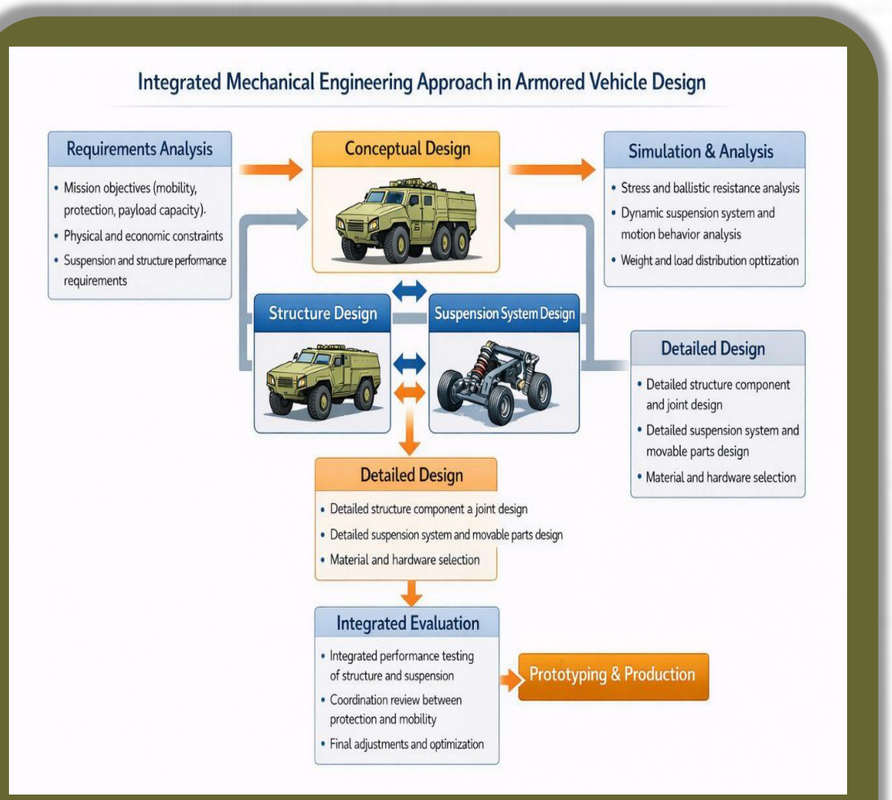
طراحی نوین خودروهای زرهی بر پایه یک رویکرد یکپارچه و چندرشته‌ای در مهندسی مکانیک انجام می‌شود؛ رویکردی که در آن طراحی سازه، انتخاب مواد، مدل‌سازی دینامیکی، تحلیل ارتعاش و توسعه سامانه‌های تعلیق به‌صورت هم‌زمان پیش می‌روند.

در این چارچوب، از ابزارهای تحلیلی پیشرفته استفاده می‌شود، از جمله:

- تحلیل المان محدود (FEA) برای ارزیابی تنش‌ها، خستگی سازه و رفتار تحت بارگذاری شدید
- تحلیل مودال برای تعیین فرکانس‌های طبیعی و مودهای غالب ارتعاش
- شبیه‌سازی دینامیکی چندجسمی (MBS) برای پیش‌بینی رفتار حرکتی و پاسخ خودرو در ناهمواری‌ها

یکپارچگی این تحلیل‌ها به مهندسان امکان می‌دهد پیش از ساخت نمونه اولیه، اثر هر تغییر در جرم، سختی سازه یا پارامترهای کنترلی را ارزیابی کنند. نتیجه‌ی این رویکرد، کاهش هزینه‌های توسعه و بهینه‌سازی هم‌زمان حفاظت، تحرک و پایداری در خودروهای زرهی است.





این دیاگرام فرایند یکپارچه مهندسی مکانیک در طراحی خودروهای زرهی را نمایش می‌دهد. مراحل شامل تحلیل نیازمندی‌ها، طراحی مفهومی، طراحی هم‌زمان سازه و سیستم تعلیق، طراحی تفصیلی، ارزیابی یکپارچه و در نهایت ساخت نمونه اولیه است. فلش‌های ارتباطی، تعامل و هماهنگی مداوم میان سازه و سامانه تعلیق را نشان می‌دهند؛ هماهنگی‌ای که برای دستیابی به بهینه‌سازی هم‌زمان حفاظت و تحرک ضروری است.

COOLING METHODS

بررسی روش های خنک سازی پنل های خورشیدی

خنک‌سازی با سیال مایع

خنک‌سازی با نانوسیالات

استفاده از مواد تغییر فاز دهنده (PCM)

خنک‌سازی تبخیری و اسپری آب

خنک‌سازی با ماژول ترموالکتریک

تکنولوژی های نوین انتقال حرارت

دانشگاه گناباد

خنک کننده ها

حسین مرادی

دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک دانشگاه گناباد

جیمیل نویسنده

پنل خورشیدی

روش‌های نوین خنک‌کاری پنل‌های خورشیدی

سامانه‌های فتوولتائیک (PV) نقشی حیاتی در تولید انرژی تجدیدپذیر ایفا می‌کنند. با این حال، عملکرد آن‌ها به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر دمای کاری قرار دارد. افزایش دما موجب کاهش بازده تبدیل انرژی و کاسته‌شدن از طول عمر مفید پنل‌ها می‌شود. این مقاله به‌صورت جامع به بررسی روش‌های مختلف خنک‌کاری پنل‌های خورشیدی می‌پردازد.

تأثیرات حرارتی بر عملکرد پنل‌های خورشیدی

افزایش دما تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد پنل‌های خورشیدی دارد. با بالا رفتن دما، ولتاژ مدار باز V_{oc} کاهش می‌یابد و در نتیجه توان خروجی پنل نیز کاهش پیدا می‌کند. این کاهش معمولاً با ضریب دمایی توان بیشینه P_{max} یا Temperature Coefficient بیان می‌شود. مقدار این ضریب معمولاً منفی است و برای بسیاری از پنل‌ها در حدود ۰٫۳٪ تا ۰٫۵٪ کاهش توان به ازای هر درجه سانتی‌گراد افزایش دما گزارش می‌شود.

از سوی دیگر، جریان اتصال کوتاه I_{sc} با افزایش دما اندکی افزایش می‌یابد؛ با این حال، اثر غالب در مجموع کاهش توان خروجی پنل است.

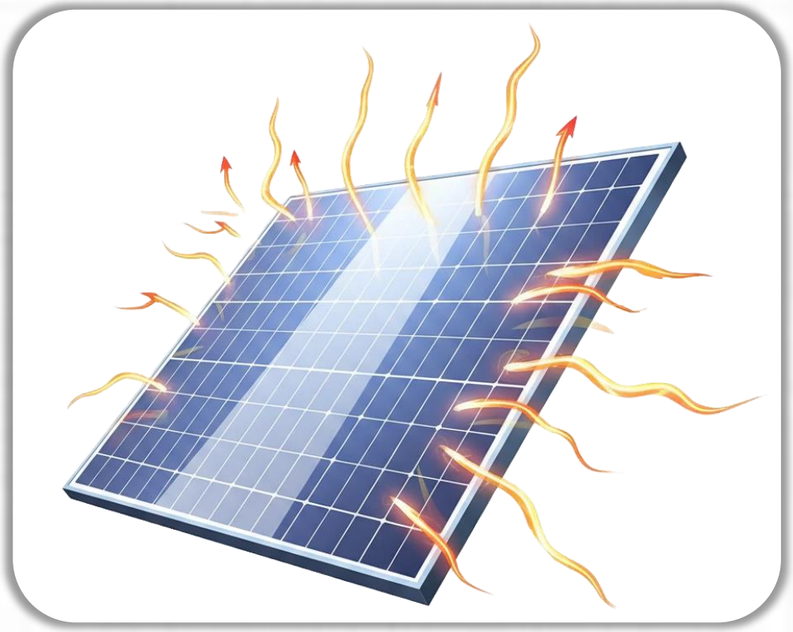
رابطه تقریبی توان خروجی با دما به صورت زیر بیان می‌شود:

$$P(T) = P_{ref}[1 + \beta(T - T_{ref})]$$

که در آن:

- $P(T)$ توان خروجی در دمای T
- P_{ref} توان خروجی در دمای مرجع
- T_{ref} دمای مرجع (معمولاً $25°C$)
- β ضریب دمایی توان است که معمولاً مقدار منفی دارد.

تنش‌های حرارتی ناشی از چرخه‌های مداوم تغییر دما می‌تواند به لایه‌های مختلف پنل، از جمله لایه EVA، سلول‌های خورشیدی و اتصالات داخلی آسیب وارد کند. این تنش‌ها در طول زمان ممکن است باعث ایجاد ترک‌های ریز، جداشدگی لایه‌ها و تضعیف اتصالات شوند که در نهایت به کاهش طول عمر مفید پنل و بروز خرابی زودرس منجر خواهد شد.



خنک‌سازی تابشی (Radiative Cooling)

در این روش از مواد با بازتابندگی بالا (High Reflectivity) در سطح پنل یا پوشش‌های اطراف آن استفاده می‌شود تا جذب گرمای خورشیدی کاهش یابد. همچنین بهره‌گیری از سطوح با گسیلندگی حرارتی بالا (High Emissivity) امکان دفع مؤثرتر گرما به محیط اطراف را فراهم می‌کند؛ حتی در ساعات روز که تابش خورشید وجود دارد.

مکانیزم:

کاهش انتقال حرارت تابشی به پنل و افزایش تابش حرارتی از سطح آن، که در نتیجه منجر به کاهش دمای سطح بدون نیاز به مصرف انرژیمی‌شود.

مزایا:

- کاهش دمای سطح بدون استفاده از توان الکتریکی
- کاهش جذب اولیه حرارت خورشیدی

معایب:

- تأثیرپذیری از شرایط جوی مانند وجود ابر، رطوبت و گردوغبار
- نیاز به استفاده از مواد و پوشش‌های تخصصی با خواص اپتیکی مناسب

خنک‌سازی ترموالکتریک (Thermoelectric Cooling)

در این روش، با استفاده از ماژول ترموالکتریک (پلتیر) و عبور جریان الکتریکی، یک سمت ماژول سرد و سمت دیگر گرم می‌شود. سمت سرد به پشت پنل متصل می‌شود تا گرمای پنل را جذب کند و سمت گرم با هیت‌سینک/فن یا آب‌خنک حرارت را به محیط دفع می‌کند.

مکانیزم :

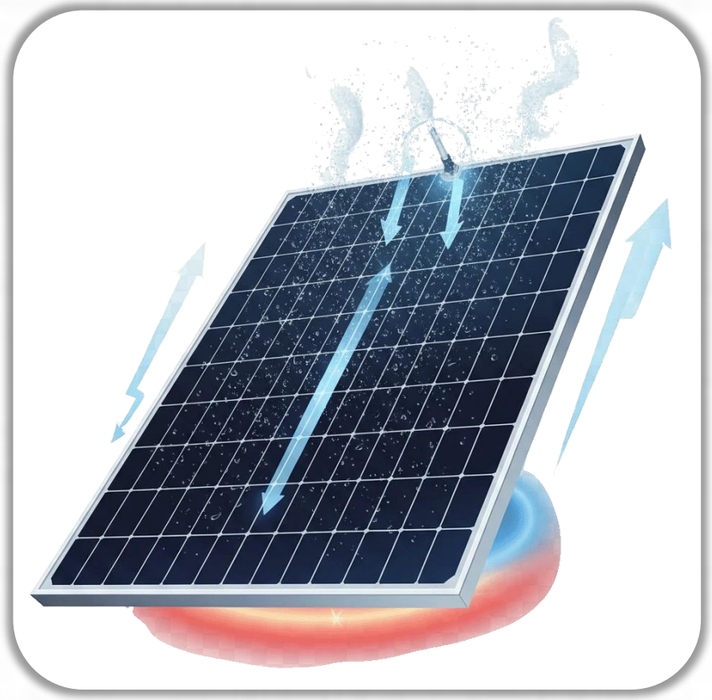
با اثر پلتیر، گرما از پشت پنل به سمت گرم ماژول پمپ شده و پس از دفع حرارت، دمای کاری پنل کاهش می‌یابد.

مزایا :

- کنترل‌پذیری مناسب دمای پنل
- ابعاد کوچک و نصب نسبتاً ساده
- پاسخ سریع به افزایش دما

معایب :

- مصرف توان الکتریکی برای عملکرد ماژول
- نیاز به دفع حرارت مؤثر از سمت گرم
- هزینه و پیچیدگی بیشتر نسبت به روش‌های ساده‌تر



خنک‌سازی تبخیری (Evaporative Cooling)

در این روش، کاهش دما از طریق جذب گرمای نهان تبخیر آب انجام می‌شود. خنک‌سازی تبخیری می‌تواند با پاشش قطرات ریز آب روی سطح پنل‌ها یا استفاده از پارچه‌ها و لایه‌های مرطوب در مجاورت پنل صورت گیرد. با تبخیر آب، گرما از سطح پنل جذب شده و دمای آن کاهش می‌یابد.

مکانیزم:

کاهش دما از طریق تبخیر و جذب گرمای نهان، که در مناطق خشک و کم رطوبت می‌تواند اثر بسیار قابل‌توجهی داشته باشد.

مزایا:

- امکان کاهش دمای قابل‌توجه به‌ویژه در اقلیم‌های گرم و خشک
- افزایش بازدهی الکتریکی پنل در صورت طراحی و اجرای صحیح سامانه
- امکان پیاده‌سازی با تجهیزات ساده در مقیاس کوچک

معایب:

- مصرف آب که در مناطق خشک یک محدودیت جدی محسوب می‌شود
- افزایش رطوبت محلی اطراف پنل‌ها که می‌تواند در بلندمدت به کاهش طول عمر و افزایش احتمال خوردگی آسیب بزند
- احتمال رسوب‌گذاری املاح روی سطح پنل (Water Scaling) در صورت استفاده از آب با سختی بالا
- نیاز به تأمین، کنترل و نگهداری دوره‌ای سامانه آبرسانی یا پارچه‌های مرطوب

خنک‌سازی با نانوسیالات(Nanofluid Cooling)

در این روش، از سیال پایه مانند آب یا اتیلن‌گلیکول که ذرات نانومتری با رسانایی حرارتی بالا به آن افزوده شده است، برای خنک‌کردن پنل خورشیدی استفاده می‌شود. این نانوسیال معمولاً در پشت پنل یا داخل کانال‌های خنک‌کننده جریان می‌یابد و گرمای اضافی پنل را جذب و منتقل می‌کند.

مکانیزم:

وجود نانوذرات باعث افزایش رسانایی حرارتی سیال و بهبود انتقال حرارت شده و در نتیجه، دمای کاری پنل کاهش می‌یابد.

مزایا:

- افزایش ضریب انتقال حرارت نسبت به سیالات معمولی
- بهبود کاهش دمای پنل و افزایش راندمان
- قابلیت استفاده در سیستم‌های PV/T و خنک‌کاری مایع

معایب:

- هزینه بالاتر نسبت به سیالات معمولی
- احتمال ناپایداری، ته‌نشینی و گرفتگی در جریان
- نیاز به کنترل دقیق خواص و نگهداری سیال

مواد تغییر فازدهنده (Phase Change Materials – PCM)

در این روش از مواد تغییر فازدهنده استفاده می‌شود که با جذب گرمای نهان در محدوده دمای کاری، دمای پنل را تا حد زیادی پایدار نگه می‌دارند. این مواد هنگام گرم‌شدن ذوب شده و گرما را جذب می‌کنند و با خنک‌شدن دوباره جامد می‌شوند و گرمای ذخیره‌شده را آزاد می‌کنند.

مکانیزم:

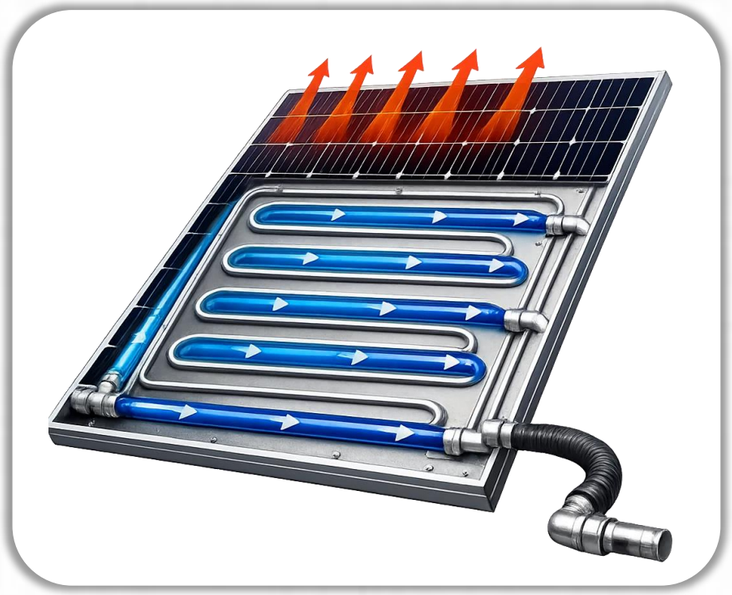
جذب مقدار قابل‌توجهی از انرژی حرارتی در طی فرآیند تغییر فاز (جامد به مایع) که باعث کاهش و تثبیت دمای پنل در بازه دمایی مشخص می‌شود.

مزایا:

- عملکرد غیرفعال و خودکار در محدوده دمایی طراحی‌شده
- کاهش قابل‌توجه نوسانات دما و تثبیت دمای کاری پنل
- عدم نیاز به مصرف انرژی خارجی

معایب:

- افزایش وزن و حجم مجموعه پنل
- افزایش هزینه اولیه به دلیل استفاده از مواد ویژه
- محدودیت نرخ انتقال حرارت، خصوصاً در اوج تابش
- کاهش عملکرد در طول زمان به دلیل سیکل‌های مکرر ذوب و انجماد PCM



خنک‌کاری با سیال مایع (Liquid Cooling)

در این روش، سیال خنک‌کننده (معمولاً آب یا مخلوط آب-ضدیخ) در کانال‌ها یا لوله‌های تعبیه‌شده در پشت پنل گردش می‌کند. سیال گرمای جذب‌شده را به یک مبدل حرارتی منتقل می‌کند.

سیستم‌های PV/T (فتوولتائیک–حرارتی) نیز در این دسته قرار می‌گیرند؛ این سیستم‌ها علاوه بر تولید برق، حرارت خروجی را نیز برای کاربردهایی مانند گرمایش آب یا پیش‌گرمایش سیال بازیابی می‌کنند و بازده کلی مجموعه را افزایش می‌دهند.

مکانیزم:

تماس مستقیم یا نیمه‌مستقیم سیال خنک‌کننده با بخش پشتی پنل باعث انتقال حرارت مؤثر و کاهش قابل‌توجه دمای کاری می‌شود. به دلیل ظرفیت بالای گرمایی سیالات، راندمان خنک‌سازی در این روش بسیار بالا است.

مزایا:

- راندمان خنک‌سازی بسیار بالا
- کاهش قابل‌توجه دمای سطح پنل
- امکان بهره‌برداری حرارتی از گرمای جذب‌شده و افزایش بازده کلی سیستم (در PV/T)

معایب:

- پیچیدگی بیشتر نسبت به روش‌های غیرفعال
- هزینه اولیه بالا
- نیاز به پمپ، لوله‌کشی و تجهیزات کنترلی
- خطر نشتی سیال و امکان یخ‌زدگی در مناطق سردسیر
- نیاز به نگهداری و نظارت دوره‌ای

هزارتوی چرخ‌دنده‌ها

راهت را از نقطهٔ شروع تا خروج پیدا کن

برنامه‌ریزی
فکر کن.
حل کن.
موفق شو.

شروع

خروج

هر چرخش تو را یک قدم به حل معما نزدیک‌تر می‌کند.

مقدمه

آلیاژهای تیتانیوم به دلیل ویژگی‌هایی مانند نسبت بالای استحکام به وزن، مقاومت در برابر خوردگی و زیست‌سازگاری، کاربرد گسترده‌ای در صنایع هوافضا، پزشکی و نظامی دارند. تیتانیوم خالص دارای دو ساختار آلوتروپیک است؛ ساختار هگزاگونال فشرده (α) در دمای اتاق و ساختار مکعبی مرکزپر (β) در دماهای بالاتر از ۸۸۲ درجه سانتی‌گراد. همچنین تشکیل یک لایه نازک اکسید پایدار بر سطح این فلز، مقاومت به خوردگی و سازگاری زیستی آن را افزایش داده و استفاده از آن را در تجهیزات و کاشتنی‌های پزشکی ممکن ساخته است.

با وجود این مزایا، ماشینکاری آلیاژهای تیتانیوم با چالش‌هایی همراه است. رسانایی حرارتی پایین و واکنش‌پذیری شیمیایی بالا موجب تمرکز حرارت در ناحیه برش، افزایش سایش ابزار و کاهش کیفیت سطح قطعه می‌شود. از این رو بررسی شرایط مناسب ماشینکاری این آلیاژها در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است و نتایج مطالعات نشان می‌دهد پارامترهایی مانند سرعت برش، مسیر ماشینکاری، ارتعاشات و نوع ابزار تأثیر قابل توجهی بر زبری سطح و سایش ابزار دارند.

با توجه به اهمیت کیفیت سطح و خواص مکانیکی تیتانیوم در کاربردهای حساس، شناخت رفتار این فلز در فرآیندهای ماشینکاری ضروری است. در این پژوهش، نمونه‌هایی از تیتانیوم خالص در شرایط فرزکاری موافق و مخالف ماشینکاری شده و اثر این دو حالت بر کیفیت سطح قطعه بررسی شده است. نتایج این مطالعه می‌تواند به بهبود کیفیت قطعات و افزایش کارایی فرآیندهای ماشینکاری تیتانیوم کمک کند.

دنیای Milling

(تمرکز بر تاثیر جهت مخالف و موافق فرزکاری بر خواص سطحی تیتانیوم خالص)

جیمیل نویسنده

امیر برآورده

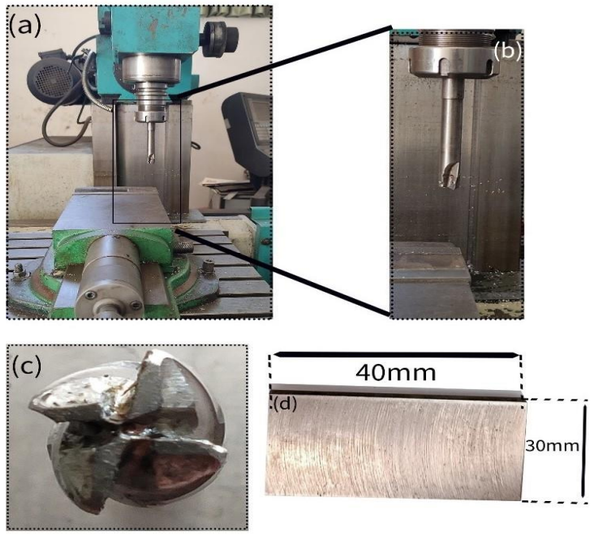
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه گناباد

مواد و روش

ترکیب شیمیایی ورق تیتانیوم خالص مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین ابعاد نمونه‌های مورد بررسی در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. ضخامت ورق تیتانیوم به‌کاررفته در این تحقیق برابر با ۴ میلی‌متر است.

جدول ۱ – ترکیب شیمیایی تیتانیوم خالص

عناصر	O	Fe	H	C	N	Ti(basic)
درصد	0.18	0.20	0.015	0.08	0.03	99.495



شکل ۱) دستگاه تراش-a، بزرگنمایی جزئی-b، ابزار تراش-c، قطعه کار-d

آزمایشگاه

برای مشاهده تغییرات ریزساختار بعد از ساخت نمونه ها، قطعات بر عمود بر امتداد پرس و با استفاده از میکروسکوپ متالوگرافی معکوس ساخت شرکت Meiji ژاپن مورد بررسی قرار گرفتند. بعد از فرایند پرداخت سطح نمونه برای آشکارسازی سطح نمونه ها از محلول با ترکیب شیمیایی حاوی 1-5 % HNO_3، 65-75 % H_3PO_4 و 5-10 % CH_3COOH استفاده شده است. در ادامه آزمایشات با هدف بررسی بیشتر فازهای موجود در نمونه از پراش اشعه ایکس (XRD) با استفاده از دستگاه Explorer ساخت شرکت GNR ایتالیا و تحت شرایط V=40Kv و Current=30mA و برای بررسی تغییرات مورفولوژی نمونه های تفجوشی شده از میکروسکوپ الکترونی نشر میدانی (SEM) مدل MIRA 3 ساخت شرکت TESCAN جمهوری چک دارای قدرت تفکیک در حد 5/1 نانومتر در ولتاژ ۱۵ کیلوولت استفاده شد .سختی نمونه ها با استفاده از روش ویکرز و با دستگاه سختی سنج مدل INNOVATEST NEXUS XL8000 با اعمال بار 612/9 نیوتنی ساچمه تنگستن به قطر 2/5 میلی متر و زمان نگه داشتن 15 ثانیه تحت استاندارد ASTM A 370 (2020) اندازه گیری و برای بدست آوردن میانگین متوسط، برای هر نمونه حداقل 3 بار تست تکرار شد. تست سایش با روش پین روی دیسک در آزمایشگاه تخصصی و طبق استاندارد ASTM G 99 در دمای محیط و بصورت خشک تحت نیروی ۵ نیوتن، زمان 3600 ثانیه و سرعت 60 دور بر دقیقه با جنس ساینده پین فولادی انجام پذیرفت. آزمایش های خوردگی الکتروشیمیایی روی نمونه ها در محدوده ولتاژ 250- تا 250+ میلی ولت، سرعت اسکن 1 میلی ولت و مدت زمان1200 OCP ثانیه انجام شد.

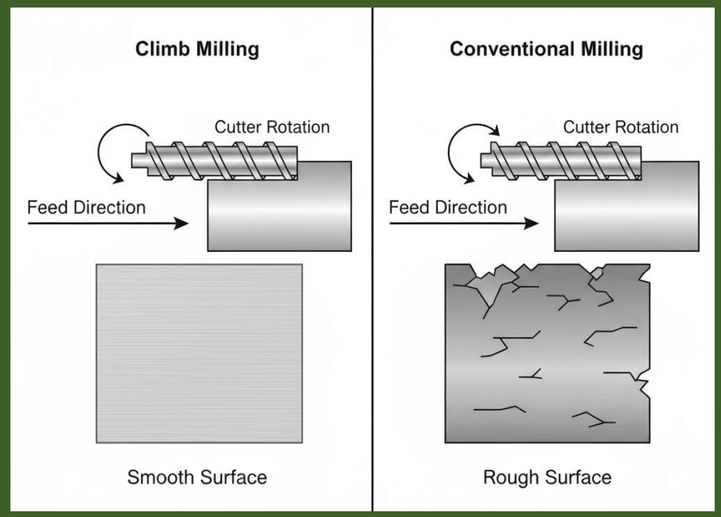
بحث و نتیجه گیری

زبری سطح

نتایج اندازه‌گیری زبری نشان می‌دهد نمونه تولید شده با فرزکاری موافق دارای زبری کمتر (2.709) و سطح صاف‌تری نسبت به نمونه فرزکاری مخالف (7.129) است. این اختلاف به جهت حرکت ابزار نسبت به قطعه کار مربوط می‌شود؛ در فرزکاری موافق، ابزار هم‌جهت با براده‌برداری حرکت کرده و نیروی برشی یکنواخت‌تری ایجاد می‌کند، که حاصل آن سطحی هموارتر است.

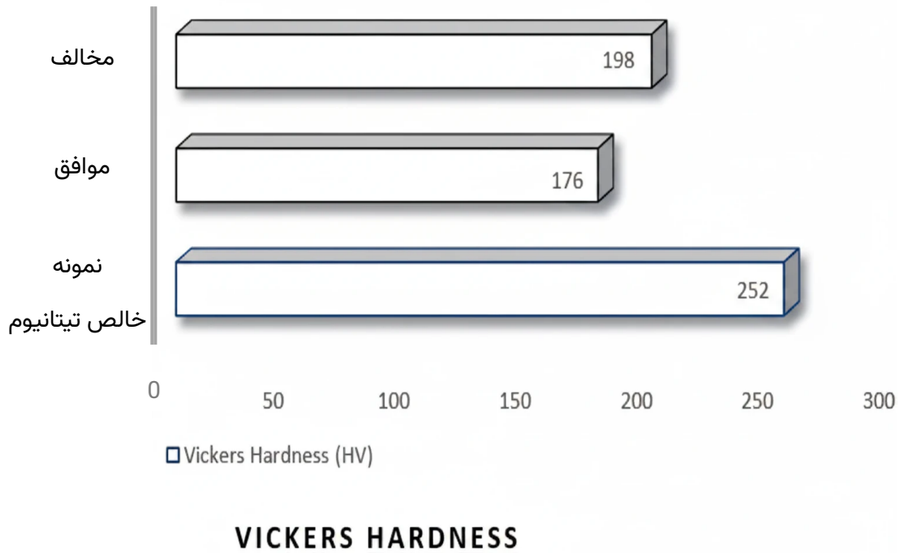
اهمیت این موضوع در کاربردهای صنعتی به‌ویژه در بهبود کیفیت سطح، کاهش اصطکاک و فرسایش، و افزایش دوام قطعات قابل توجه است. در صنایع نفت و پتروشیمی، کاهش زبری می‌تواند احتمال تشکیل رسوبات، آلودگی سطحی و خوردگی را کاهش دهد و در نتیجه عمر عملیاتی تجهیزات را افزایش دهد.

به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد انتخاب جهت مناسب فرزکاری می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر کیفیت نهایی سطح و عملکرد قطعه داشته باشد.



در کاربردهای نظامی، سختی بالای قطعات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. قطعاتی که مقاومت بیشتری در برابر تغییر شکل و فشار دارند، عملکرد بهتری در شرایط سخت و تحت بارگذاری‌های شدید از خود نشان می‌دهند. برای مثال، در زره‌ها و بخش‌های حیاتی وسایل نقلیه نظامی، افزایش سختی می‌تواند به معنای مقاومت بیشتر در برابر ضربه و آسیب باشد؛ موضوعی که به‌طور مستقیم بر ایمنی و کارآیی سامانه‌ها تأثیرگذار است.

در صنایع پتروشیمی نیز سختی بالاتر نقش مهمی ایفا می‌کند، زیرا می‌تواند مقاومت قطعات را در برابر سایش و فرسایش ناشی از جریان‌های مکانیکی و محیط‌های شیمیایی افزایش دهد. این ویژگی به‌ویژه در تجهیزاتی که در تماس با مواد خورنده یا تحت دماهای بالا هستند، اهمیت دارد. افزایش سختی، طول عمر قطعات و تجهیزات را بیشتر کرده و موجب کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌شود؛ امری که نقشی کلیدی در ارتقای کارایی و ایمنی این صنایع دارد.



شکل ۲) نتایج آزمون سختی سنجی

۲ سختی سنجی

دستگاه سختی سنج

سختی ویکرز، به عنوان یکی از شاخص‌های اصلی مقاومت مواد در برابر تغییر شکل پلاستیک، در نمونه ای که با فرزکاری موافق تولید شده است مقدار بیشتری نشان می دهد (198 ویکرز)؛ در حالی که این مقدار در نمونه حاصل از فرزکاری مخالف برابر با (176 ویکرز) است.

در فرزکاری موافق، هم‌جهتی حرکت ابزار و قطعه‌کار سبب توزیع یکنواخت‌تر نیرو بر سطح می‌شود. این یکنواختی در اعمال تنش، از تمرکز تنش جلوگیری کرده و موجب افزایش تراکم ساختاری ماده می‌گردد؛ عواملی که در مجموع به افزایش سختی نهایی منجر می‌شوند.

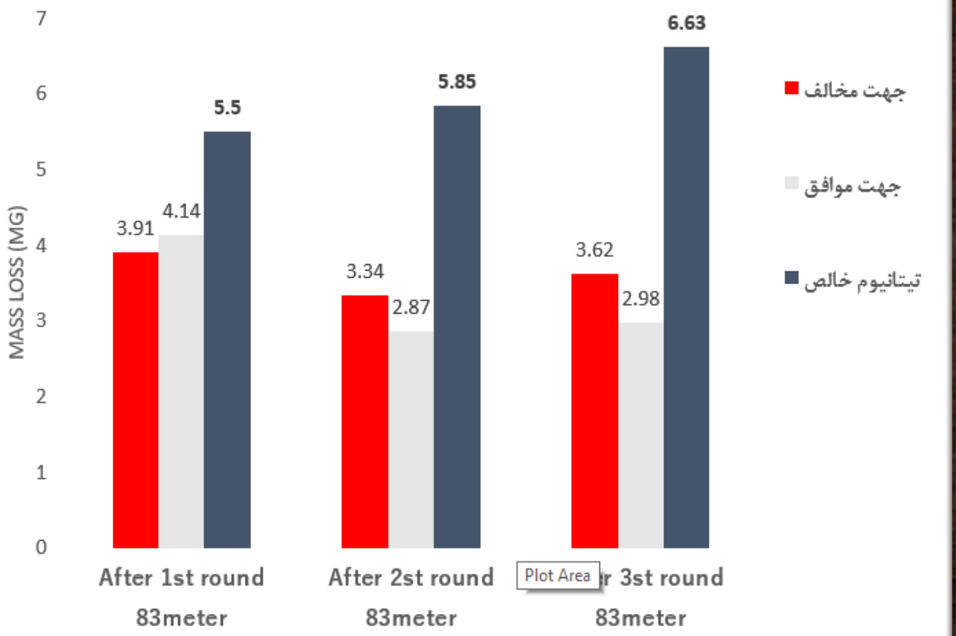
۳ کاهش وزن بعد از آزمون سایش

ترازوی تحلیلی

نتایج آزمون سایش نشان می دهد که میزان کاهش وزن در نمونه تولید شده با فرزکاری مخالف برابر با 7.1 میلی گرم است که در مقایسه با نمونه حاصل از فرزکاری موافق با کاهش وزن 7.25 میلی گرم، مقدار کمتری را نشان می‌دهد. این اختلاف می‌تواند ناشی از ویژگی‌های ریزساختاری و زبری سطحی نمونه فرزکاری مخالف باشد. سطح نسبتاً زبرتر و متخلخل‌تر این نمونه احتمالاً موجب جذب و پایداری بیشتر لایه‌های محافظتی بر سطح شده و در نتیجه مقاومت سایشی آن را افزایش داده است.

در کاربردهای مهندسی نظامی، میزان کاهش وزن ناشی از سایش یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی دوام و طول عمر قطعات محسوب می‌شود. قطعاتی که در برابر سایش مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند، معمولاً طول عمر عملیاتی بالاتری دارند و نیاز به تعمیر یا تعویض آن‌ها کمتر است. این موضوع به‌ویژه در شرایط عملیاتی سخت و محیط‌هایی که دسترسی به تعمیر و نگهداری محدود است، اهمیت قابل توجهی دارد.

در صنایع پتروشیمی نیز کاهش نرخ سایش می‌تواند به معنای افزایش مقاومت تجهیزات در برابر فرسایش ناشی از جریان مواد شیمیایی و شرایط عملیاتی سخت باشد. کاهش سایش در تجهیزاتی مانند خطوط انتقال، پمپ‌ها و مخازن ذخیره‌سازی، احتمال بروز نشتی و خرابی‌های ناگهانی را کاهش می‌دهد. در نتیجه، این امر می‌تواند به افزایش ایمنی، کاهش هزینه‌های نگهداری و بهبود بهره‌وری فرایندهای صنعتی در این حوزه منجر شود.



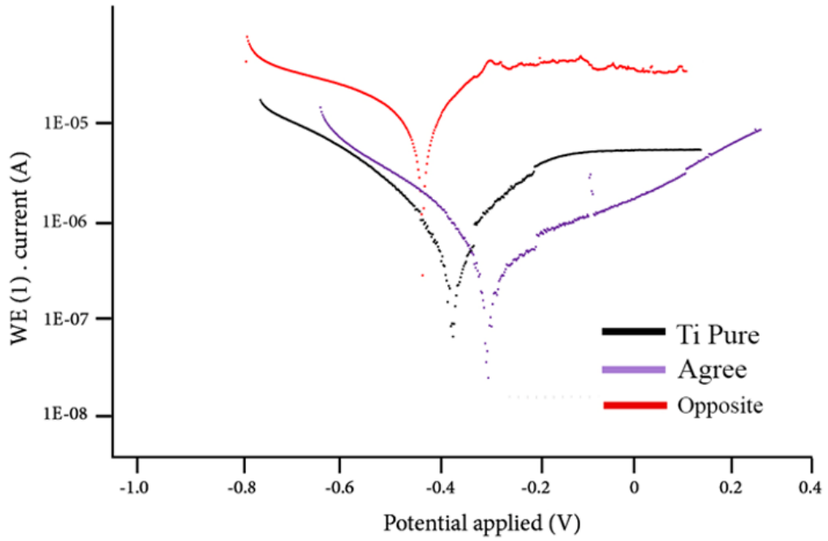
شکل۳) نتایج آزمون سایش

۴ نرخ خوردگی

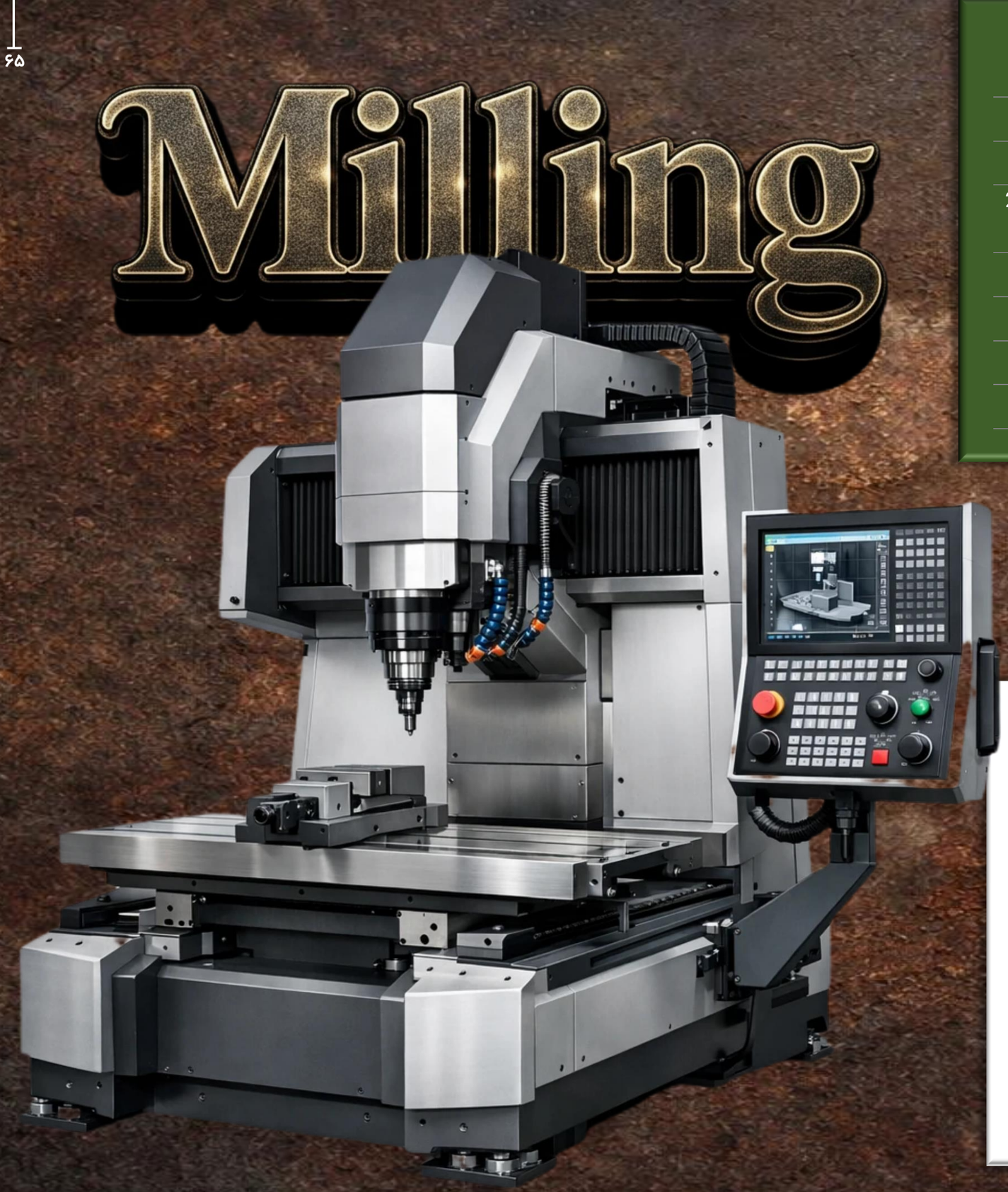
نتایج ارزیابی نرخ خوردگی نشان می‌دهد که نمونه تولیدشده با فرزکاری موافق دارای نرخ خوردگی حدود (0.0003) میلی متر بر سال است، در حالی‌که این مقدار برای نمونه حاصل از فرزکاری مخالف برابر با (0.02) میلی‌متر بر سال اندازه‌گیری شده است. این اختلاف قابل‌توجه بیانگر آن است که فرزکاری موافق می‌تواند منجر به ایجاد سطحی یکنواخت‌تر و با تعداد عیوب سطحی کمتر شود. سطوحی که از همگنی و صافی بیشتری برخوردارند، به دلیل کاهش ترک‌ها و ناپیوستگی‌های میکروسکوپی، کمتر در معرض نفوذ عوامل خورنده قرار گرفته و در نتیجه مقاومت به خوردگی بالاتری از خود نشان می‌دهند.

در کاربردهای مهندسی نظامی، مقاومت به خوردگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ به‌ویژه برای قطعاتی که در محیط‌های خورنده مانند شرایط دریایی یا مناطق با رطوبت و تنش‌های محیطی بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از قطعاتی با مقاومت خوردگی بیشتر می‌تواند طول عمر عملیاتی تجهیزات را افزایش داده و نیاز به تعمیر و نگهداری مکرر را کاهش دهد؛ موضوعی که در سامانه‌های نظامی، به دلیل ضرورت قابلیت اطمینان بالا، اهمیت فراوانی دارد.

در صنایع پتروشیمی نیز نرخ خوردگی پایین یکی از عوامل کلیدی در افزایش ایمنی و پایداری فرایندهای صنعتی محسوب می‌شود. کاهش خوردگی در تجهیزات انتقال و نگهداری مواد شیمیایی می‌تواند احتمال بروز نشتی، خرابی‌های ناگهانی و حوادث صنعتی را کاهش دهد. علاوه بر این، کاهش نرخ خوردگی موجب کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری و همچنین کاهش زمان توقف فرایندهای تولیدی شده و در نهایت به بهبود بهره‌وری و کارایی عملیاتی در این صنایع منجر می‌شود.



شکل۴) نتایج آزمون خوردگی



جدول۳- نتایج آزمون خوردگی

متغیر	نمونه خالص	نمونه مخالف	نمونه موافق
پتانسیل خوردگی(V)		-0.28852	-0.43748
شدت جریان خوردگی(A/cm^2)		2.9697 E-08	2.2287 E-06
شیب آندی(V/dec)		0.20876	0.11333
شیب کاتدی(V/dec)		0.11638	0.17254
مقاومت پلاریزاسیون(Ω)		2.8763 E+05	3508.1
سرعت خوردگی(mm/year)		0.00034448	0.025853

جمع بندی

تحلیل نتایج آزمون‌ها نشان می‌دهد که انتخاب روش فرزکاری (موافق یا مخالف) تأثیر قابل‌توجهی بر ویژگی‌های مکانیکی و رفتار خوردگی نمونه‌ها دارد. نمونه‌های حاصل از فرزکاری موافق، در اغلب موارد عملکرد بهتری از نظر زبری سطح، سختی و مقاومت به خوردگی نشان داده‌اند. این یافته‌ها می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای انتخاب روش مناسب ماشین‌کاری در صنایع نظامی و پتروشیمی مورد استفاده قرار گیرد؛ حوزه‌هایی که کیفیت سطح، مقاومت به سایش و پایداری در برابر خوردگی از اهمیت حیاتی برخوردارند. در مجموع، نوع فرزکاری می‌تواند به‌طور مستقیم بر کارایی، ایمنی و دوام قطعات در شرایط محیطی مختلف اثرگذار باشد.

ترکیب گاز و بخار

جیمیل نویسنده

اشکان ستاری

دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک دانشگاه گناباد

نیروگاه‌های سیکل ترکیبی: بهینه‌سازی تولید برق

سیکل ترکیبی یکی از کارآمدترین روش‌های تولید انرژی الکتریکی در نیروگاه‌های حرارتی است که بر اساس ترکیب دو سیکل مستقل اما مکمل، یعنی گازی و بخار، طراحی شده است. ابتدا هوای ورودی به کمپرسور فشرده شده و در محفظه احتراق با سوخت ترکیب می‌شود. گازهای داغ حاصل وارد توربین گاز شده و بخشی از انرژی حرارتی آن به انرژی مکانیکی و سپس به برق تبدیل می‌شود. گازهای خروجی توربین گاز هنوز دمای بالایی دارند و اگر مستقیم به محیط رها شوند، مقدار زیادی از انرژی هدر می‌رود. برای جلوگیری از این اتلاف، از بویلر بازیاب حرارتی (HRSG) استفاده می‌شود که حرارت گازهای خروجی را به آب منتقل می‌کند و بخار با دمای مناسب تولید می‌کند. این بخار به توربین بخار هدایت شده و مجدداً بخشی از انرژی حرارتی به برق تبدیل می‌شود. بدین ترتیب، بدون مصرف سوخت اضافه و با بازیافت حرارت، بازده کلی نیروگاه به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد.

در این مقاله به بررسی ترکیب واحد گازی جان براون اسکاتلند مدل فریم ۹ با قدرت اسمی ۱۲۳.۴ مگاوات و یک واحد بخار مدل E-TYPE شرکت زیمنس آلمان با قدرت اسمی ۱۰۴.۵۷ مگاوات خواهیم پرداخت. مزیت اصلی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی بازده بالای ۵۰ تا ۶۰ درصد آن‌هاست که نسبت به نیروگاه‌های گازی و بخاری بسیار بیشتر است. کاهش مصرف سوخت و انتشار آلاینده‌ها، همراه با انعطاف‌پذیری و راه‌اندازی سریع، این فناوری را به گزینه‌ای کلیدی در توسعه صنعت برق تبدیل کرده است.

توضیحات مختصر درباره واحدهای گازی F9

موتور راه‌انداز این واحدها از نوع موتور الکتریکی کرنک است و وظیفه آن تأمین چرخش اولیه لازم برای به کارگیری توربین گاز می‌باشد. این موتور حدود ۱ مگاوات توان مصرف می‌کند. انتقال توان از موتور به شفت اصلی توربین از طریق یک تورک‌کانورتر انجام می‌شود؛ سامانه‌ای که ضمن ایجاد یک کوپلینگ نرم، امکان افزایش گشتاور در دورهای پایین و کاهش تنش‌ها و ضربات مکانیکی در مرحله راه‌اندازی را فراهم می‌سازد.

سیستم فیلتراسیون هوای ورودی

هوای ورودی این واحدها پیش از رسیدن به توربین از یک سامانه فیلتراسیون سه‌مرحله‌ای عبور می‌کند. در هر مرحله ۳۶۰ فیلتر نصب شده و در مجموع ۱۰۸۰ فیلتر وظیفه حذف گردوغبار، ذرات معلق و آلودگی‌های محیطی را بر عهده دارند. این آرایش چندمرحله‌ای باعث می‌شود هوایی که وارد کمپرسور و سپس توربین می‌شود کاملاً پاک و یکنواخت باشد. نتیجه این عملکرد، جلوگیری از ورود ذرات ساینده، کاهش سایش و خوردگی پره‌ها و حفظ سلامت تجهیزات حساس است. در نهایت، این سیستم فیلتراسیون دقیق موجب افزایش قابلیت اطمینان عملیاتی، کاهش توقف‌های ناخواسته و افزایش عمر مفید توربین می‌شود.

واحد گازی F9 نیروگاه سیکل ترکیبی شریعتی

مکانیزم Pulse Clean

مکانیزم Pulse Clean یک سامانه خودکار برای پاک‌سازی دوره‌ای فیلترهاست که با استفاده از هوای فشرده تأمین‌شده از کمپرسور عمل می‌کند. در این سیستم، انشعابی از هوای فشرده گرفته شده و به پشت یک شیر کنترل (Valve) هدایت می‌شود.

عملکرد سامانه بر مبنای پایش اختلاف فشار پیش و پس از فیلتر انجام می‌گیرد. هنگامی‌که افت فشار به مقدار تنظیم‌شده، معادل ۲٫۷۵ اینچ ستون آب (inH_2O ۲٫۷۵) برسد، سوئیچ اختلاف فشار فعال شده و شیر کنترل را باز می‌کند. با باز شدن شیر، یک پالس کوتاه و پرانرژی هوا در جهت معکوس از داخل فیلتر عبور می‌کند. این پالس موجب جدا شدن ذرات و گردوغبار تجمع یافته روی سطح فیلتر شده و آن‌ها را به سیستم جمع‌آوری منتقل می‌کند.

اجرای این فرآیند به صورت متناوب، ضمن کاهش افت فشار، موجب حفظ راندمان جریان هوا، افزایش عمر فیلترها و کاهش هزینه‌های نگهداری می‌شود.

نکات تکمیلی

- این سامانه عمدتاً در محیط‌های صنعتی با غلظت بالای گردوغبار، نظیر صنایع سیمان، فولاد، نساجی و نیروگاه‌ها کاربرد دارد.
- زمان‌بندی و شدت پالس هوا می‌تواند به‌صورت دستی یا خودکار تنظیم شود.
- یکی از مهم‌ترین مزایای این مکانیزم، کاهش نیاز به تعویض یا شست‌وشوی مکرر فیلترها است.

ورودی هوای واحدهای گازی F9 و محل قرارگیری فیلترها

عملیات جکینگ

واحدهای توربین گازی F9 دارای پنج یاتاقان اصلی هستند. در این میان، عملیات جکینگ بر روی دو یاتاقان مربوط به ژنراتور انجام می‌شود.در ابتدای راه‌اندازی واحد، پمپ‌های جکینگ روغن را با فشاری در حدود ۱۶۰ بار به یاتاقان‌ها تزریق می‌کنند.

هدف از این فرآیند ایجاد یک لایه روغن پرفشار و بالا بردن شفت (Shaft) است تا از تماس مستقیم شفت با سطح یاتاقان‌ها جلوگیری شود. این پمپ‌ها تا زمانی که سرعت شفت به حدود ۱۰۲۰ دور بر دقیقه برسد، در مدار باقی می‌مانند. پس از دستیابی به این سرعت، پمپ‌های جکینگ از مدار خارج می‌شوند؛ زیرا در این شرایط، به دلیل شکل‌گیری فیلم روغن هیدرودینامیکی و اثرات دینامیکی چرخش شفت، دیگر نیازی به فشار

بالای جکینگ برای نگه‌داشتن شفت وجود ندارد. در زمان توقف توربین نیز عملکرد مشابهی برقرار است. هنگامی که سرعت شفت در فرآیند کاهش سرعت به حدود ۵۰۰ دور بر دقیقه می‌رسد، پمپ‌های جکینگ مجدداً فعال می‌شوند. هدف از این اقدام جلوگیری از تماس شفت داغ با یاتاقان‌ها و پیشگیری از ایجاد سایش یا آسیب در این اجزای حساس است.

توربین و کمپرسور واحد گازی F9 نیروگاه شریعتی مشهد

محفظه احتراق

در واحدهای F9، تعداد محفظه‌های احتراق برابر ۱۴ عدد است:

- محفظه‌های شماره ۳ و ۴

این دو محفظه مجهز به جرقه‌زن (Igniter) هستند. عمل احتراق اولیه در این محفظه‌ها انجام می‌شود. پس از ایجاد شعله، از طریق Cross Fire Tube شعله به محفظه‌های مجاور منتقل شده و فرآیند احتراق در تمام محفظه‌ها پایدار می‌گردد.

- محفظه‌های شماره ۵، ۶، ۱۳ و ۱۴

این محفظه‌ها به سنسور شعله (Flame Detector) مجهز هستند. سنسورها وظیفه دارند وضعیت شعله را در زمان استارت و حین کار تشخیص داده و سیگنال آن را به اتاق فرمان ارسال کنند.

در صورتی که سیستم کنترل، عدم وجود شعله را تشخیص دهد، استارت ناموفق تلقی شده و واحد به‌صورت خودکار خاموش می‌شود تا از خطرات احتمالی جلوگیری شود.

کات تکمیلی فنی

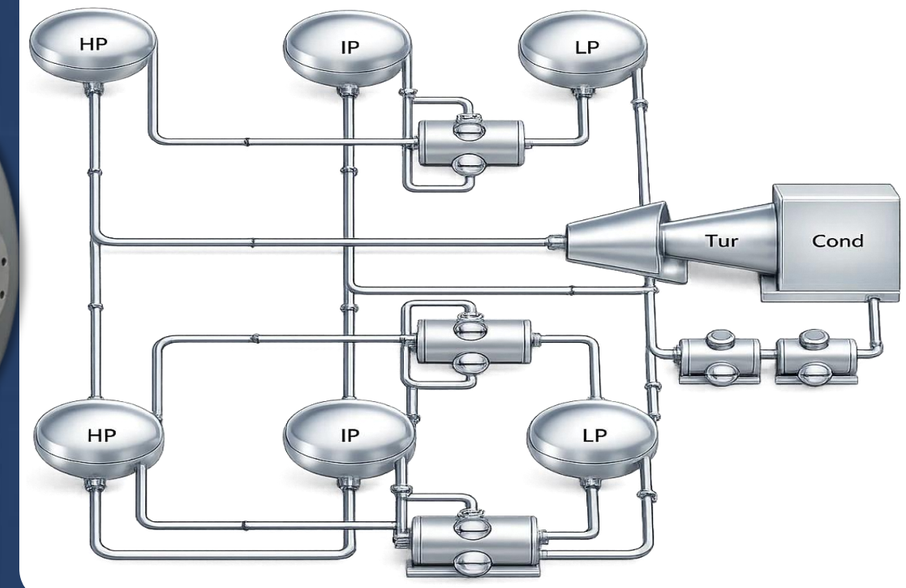
• سیستم Cross Fire Tube

این سیستم ارتباطی بین محفظه‌ها ایجاد می‌کند تا انتقال شعله از محفظه‌های دارای جرقه‌زن به سایر محفظه‌ها تضمین شود. این طراحی سبب پایداری سریع و مطمئن شعله در همه محفظه‌ها می‌گردد.

• سنسورهای شعله

نصب سنسور در چند محفظه کلیدی باعث افزایش قابلیت اطمینان واحد می‌شود. این سنسورها نقش مهمی در ایمنی، پایش احتراق، و جلوگیری از تزریق سوخت در حالت بدون شعله دارند.

ورودی محصولات احتراقی محفظه احتراق به ردیف اول توربین ها



توصیف شماتیک سیکل بخار سه درامی (HP – IP – LP)

شکل بالا یک نمای شماتیک از سیکل بخار نیروگاه حرارتی سه درامی را نشان می دهد. در این طراحی، سه درام با فشارهای مختلف (HP، IP و LP) به صورت مرحله ای بخار تولید می کنند و آن را وارد توربین بخار می نمایند. سپس بخار خروجی در کندانسور دوباره به آب تبدیل شده و به ابتدای سیکل باز می‌گردد.

در بالای شکل سه مخزن بزرگ دیده می‌شود که با نام های HP، IP و LP مشخص شده‌اند:

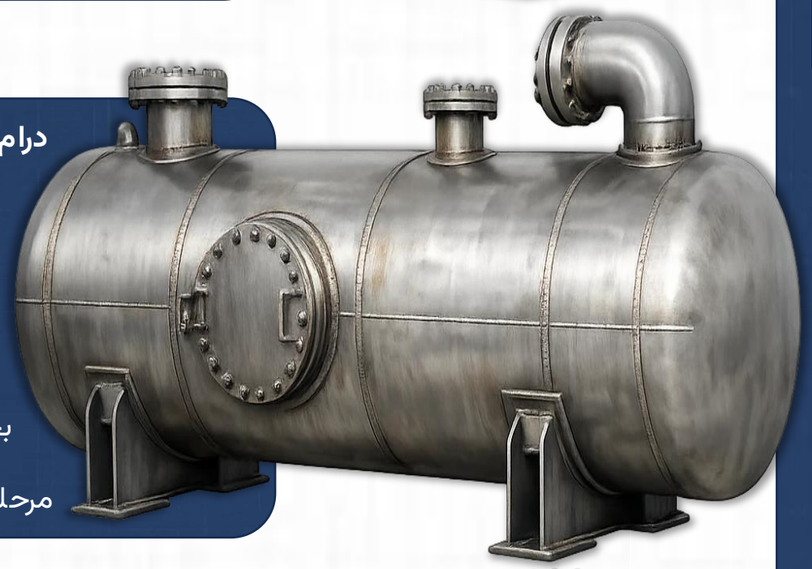
درام :HP تولید بخار با فشار و دمای بالا؛ این بخار ورودی اصلی توربین است .

درام :IP تولید بخار با فشار میانی؛ این بخار در مراحل میانی توربین تزریق می شود .

درام :LP دریافت کننده آب سرد برگشتی از کندانسور؛ نقطه شروع چرخه آب تغذیه.

درام HP (High Pressure Drum)

درام HP وظیفه تولید بخار با فشار و دمای بالا را بر عهده دارد. این درام در محدوده ۸۵ تا ۹۰ بار کار می کند و بخار خروجی آن دمایی در حدود ۵۱۰ درجه سانتی‌گراد دارد. بخار HP از دو مسیر وارد توربین بخار شده و همان‌طور که در شماتیک قابل مشاهده است، در ابتدای توربین تزریق می‌شود.

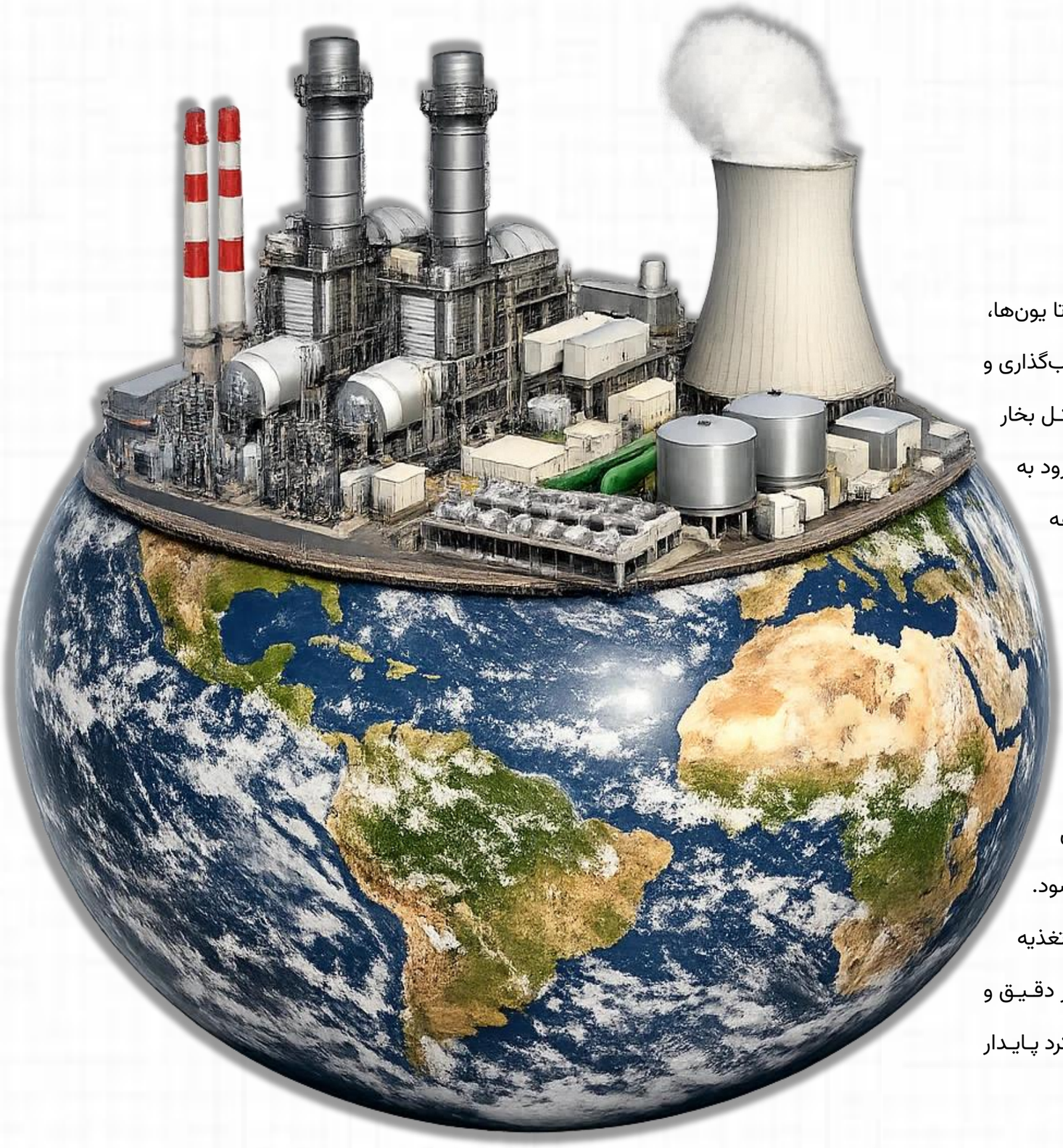


درام IP (Intermediate Pressure Drum)

درام IP بخار با فشار میانی تولید می‌کند. فشار کاری آن ۹ تا ۱۲ بار و دمای بخار تولیدی حدود ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد است. بخار خروجی این درام از طریق یک ورودی مستقل در مرحله ۱۷ توربین بخار تزریق می‌شود.

درام LP (Low Pressure Drum)

درام LP نقطه شروع چرخه آب تغذیه است. این درام آب تقطیر شده را از کندانسور دریافت کرده و پس از ذخیره سازی، آن را برای تولید بخار در درام های IP و HP تقسیم می‌کند.



مسیر آب تغذیه از کندانسور تا درام LP

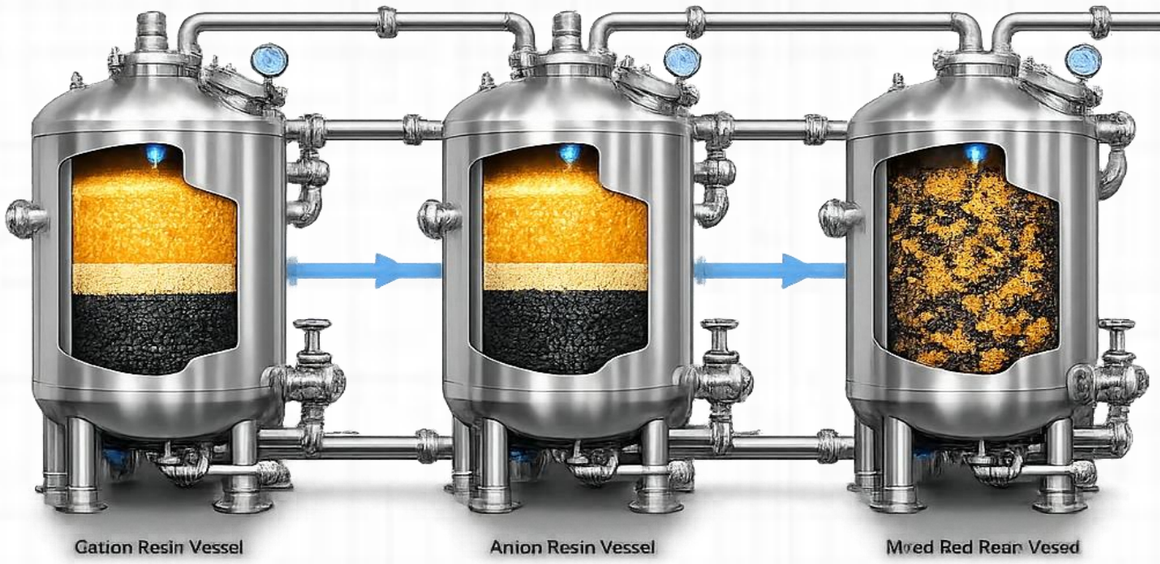
در واحد تصفیه آب (CPP)، آب خام از نظر شیمیایی و فیزیکی تصفیه می‌شود تا یون‌ها، املاح محلول و سایر ناخالصی‌ها حذف گردند. این مرحله از بروز خوردگی، رسوب‌گذاری و آلودگی در مسیر بویلر و توربین جلوگیری کرده و کیفیت مناسب آب را برای سیکل بخار تضمین می‌کند. پس از خروج آب از بخش تصفیه، فشار آن هنوز برای ورود به بویلرها کافی نیست. در این مرحله بوستر پمپ (Booster Pump) وظیفه افزایش اولیه فشار را بر عهده دارد و آب را برای ورود به درام LP آماده می‌کند. درام LP مانند یک مخزن کم فشار عمل کرده و نقش واسطه ای میان سیستم تصفیه و پمپ اصلی سیکل را ایفا می‌کند. آب ذخیره‌شده در این درام سپس وارد فیدواتر پمپ (Feed Water Pump) می‌شود. این پمپ چندمرحله‌ای، فشار آب را در چند گام افزایش می‌دهد تا شرایط لازم برای تغذیه درام‌های فشار متوسط و فشار بالا فراهم شود. آب در یکی از مراحل میانی پمپ، در فشار حدود ۹ تا ۱۲ بار برداشت شده و به درام IP ارسال می‌شود. فشار خروجی مرحله نهایی پمپ نیز به حدود ۸۵ تا ۹۰ بار می‌رسد که برای تغذیه درام HP مناسب بوده و بخار با فشار بالا را تأمین می‌کند. این مسیر دقیق و مرحله‌به‌مرحله، تضمین‌کننده کیفیت و فشار مناسب آب تغذیه است که عملکرد پایدار بویلرها و توربین‌های بخار را در یک نیروگاه حرارتی ممکن می‌سازد.

نکته‌ای درباره آب مورد استفاده در سیکل بخار

در نیروگاه‌های حرارتی، آبِ در گردش باید از کیفیت بسیار بالایی برخوردار باشد. دلیل این موضوع آن است که کوچک‌ترین مقدار املاح یا یون‌های مزاحم می‌تواند به‌مرور زمان خسارت‌های سنگینی به تجهیزات وارد کند. به همین دلیل از آب دمین (Demineralized Water) استفاده می‌شود؛ آبی که تقریباً عاری از املاح، یون‌های محلول، گازهای خورنده و هرگونه ناخالصی قابل‌تشخیص است. این آبِ فوق‌خالص، ستون فقرات یک سیکل بخار سالم و ایمن به شمار می‌آید.

علت این انتخاب کاملاً روشن است:

اگر آب دارای سختی باشد (شامل املاحی مانند کلسیم و منیزیم)، رسوبات به‌سرعت در داخل لوله‌ها، بویلر و سطوح انتقال حرارت تشکیل می‌شوند. این رسوبات همانند یک لایه



عایق عمل کرده و مانع انتقال مؤثر حرارت می‌شوند؛ در نتیجه راندمان کاهش یافته، مصرف انرژی بالا می‌رود و دمای تجهیزات بیش از حد افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، حضور یون‌ها و ترکیبات خورنده مانند کلریدها و سولفات‌ها می‌تواند باعث خوردگی تدریجی لوله‌ها، مبدل‌های حرارتی و حتی بدنه بویلر شود. این خوردگی، در صورت ادامه‌دار بودن، ممکن است به نشتی، ترکیدگی یا حتی توقف اضطراری واحد منجر گردد. بنابراین استفاده از آب کاملاً خالص نه یک انتخاب، بلکه یک ضرورت عملیاتی و ایمنی در سیکل بخار است.

برای تأمین چنین آبی، نیروگاه‌ها معمولاً از دو حلقه چاه آب خام بهره می‌برند. آب استخراج‌شده ابتدا وارد واحد شیمی می‌شود. در این واحد، با استفاده از فناوری‌هایی مانند رزین‌های تبادل یونی، فیلترهای چندمرحله‌ای، دیگازرها و سیستم اسمز معکوس (RO)، بخش عمده املاح، سیلیس، گازهای محلول و سایر ناخالصی‌ها حذف می‌شود. آب خروجی این فرایند که به آب دمین معروف است، از نظر کیفیت در سطحی قرار می‌گیرد که بتواند بدون ایجاد خوردگی یا رسوب، در بویلر و تجهیزات حساس نیروگاه به گردش درآید.

این آبِ فوق خالص در تمام مراحل سیکل بخار از ورودی بویلر تا توربین و کندانسور نقشی کلیدی ایفا می‌کند. هرگونه افت کیفیت آب می‌تواند به سرعت بازدهی نیروگاه را کاهش داده و هزینه‌های تعمیرات را چندین برابر کند. به همین دلیل، کنترل مداوم کیفیت آب یکی از حیاتی ترین وظایف واحد شیمی و بهره‌برداری است.

چرا بخار HP از ابتدای توربین وارد می‌شود، اما بخار IP در بخش‌های جلوتر و میانی توربین تزریق می‌گردد؟

گشتاور در توربین بخار بر اساس رابطه ی تولید $\tau = F \times d$ می شود؛ به این معنا که میزان گشتاوری که به شافت منتقل می‌شود، حاصلضرب نیروی وارد شده توسط بخار (F) در فاصله‌ی محل اعمال نیرو تا مرکز شافت توربین (d) است. این نیرو در واقع از فشار بخار ناشی می‌شود؛ فشاری که هنگام برخورد بخار به پره‌ها، آن‌ها را وادار به حرکت کرده و انرژی حرارتی بخار را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند. به همین دلیل، میزان فشار بخار نقش تعیین‌کننده‌ای در مقدار نیروی تولیدی و در نتیجه گشتاور نهایی دارد. بخار HP که فشار بسیار بالایی در حدود ۸۵ تا ۹۰ بار دارد، معمولاً از ابتدای توربین وارد می‌شود. در این ناحیه، قطر پره ها کوچک‌تر است و به همین دلیل می‌توانند فشار و سرعت زیاد بخار را تحمل کنند. طراحی این بخش از توربین به‌گونه ای است که بتواند بیشترین انرژی موجود در بخار را در همان مراحل اولیه جذب کند. ورود بخار HP به نخستین ردیف های پره‌ها باعث می‌شود بخش زیادی از انرژی حرارتی و فشاری بخار، بلافاصله به انرژی مکانیکی تبدیل شده و گشتاور قابل‌توجهی در محور توربین ایجاد شود.

اما در سوی دیگر، بخار IP قرار دارد که فشار آن به‌مراتب کمتر و در حدود ۹ تا ۱۲ بار است. چنین فشاری نمی‌تواند نیرویی به اندازه بخار HP ایجاد کند، بنابراین اگر بخار IP از ابتدای توربین—جایی که قطر پره‌ها کم است—تزریق شود، بازدهی لازم را نخواهد داشت. به همین دلیل، بخار IP در مراحل جلوتر و در بخش‌هایی وارد می‌شود که قطر پره‌ها بزرگ‌تر است. بزرگ‌تر بودن قطر پره‌ها باعث افزایش بازوی نیرو یعنی همان d در رابطه‌ی $\tau = F \times d$ می‌شود. در نتیجه، کاهش نیرو (به دلیل فشار کمتر بخار IP) با افزایش فاصله‌ی اعمال نیرو از مرکز شافت جبران شده و همچنان گشتاور مطلوبی تولید می‌شود.

به زبان ساده، توربین بخار به‌گونه‌ای طراحی شده است که هر بخار در نقطه‌ای با بیشترین راندمان ممکن وارد شود: بخار HP با فشار بالا در ابتدای توربین و بخار IP با فشار کمتر در مراحل میانی. این آرایش ورودی‌ها باعث می‌شود که در هر دو حالت چه در فشارهای بالا و چه فشارهای متوسط—گشتاور مورد نیاز شافت تولید شده و انرژی بخار به‌طور کامل بازیابی شود.

چرا به‌جای استفاده از دو پمپ (اکسترکشن پمپ و بوستر پمپ)، یک پمپِ واحد و قوی‌تر به‌کار نمی‌برند؟

استفاده از دو پمپ در مسیر آب تغذیه، کاملاً هدف مند و مطابق الزامات طراحی نیروگاه‌های حرارتی انجام می‌شود.

هر پمپ وظیفه و محدوده‌ی کاری مشخصی دارد و جایگزین کردن آن‌ها با یک پمپ واحد نه‌تنها مزیت فنی ایجاد نمی‌کند، بلکه می‌تواند به تجهیزات حساس سیکل آسیب وارد کند.

مرحله اول – اکسترکشن پمپ (CEP):

عملکرد اصلی CEP مکش آب از کندانسور و انتقال آن به سمت واحد تصفیه‌ی آب (CPP) است. فشار خروجی این پمپ عمداً پایین نگه داشته می‌شود، زیرا ورود آب پر فشار به واحد تصفیه می‌تواند به مخازن، فیلترها و رزین‌های تبادل یونی آسیب جدی وارد کند. در نتیجه، CEP تنها برای تأمین دبی و ایجاد حداقل فشار لازم طراحی شده است، نه افزایش قابل توجه فشار.

مرحله دوم – بوستر پمپ:

پس از عبور آب از واحد CPP و تکمیل فرآیند تصفیه، لازم است فشار آن افزایش یابد تا بتواند وارد درام LP و ادامه‌ی مسیر سیکل بخار شود. بوستر پمپ دقیقاً در این مرحله وارد عمل می‌شود و فشار را تا سطح مورد نیاز بالا می‌برد. این افزایش فشار باید بعد از تصفیه انجام شود، نه قبل از آن.

جمع‌بندی – چرا دو پمپ ضروری است؟

۱. جلوگیری از آسیب‌دیدن تجهیزات حساس سیستم تصفیه (CPP) در اثر فشار بالا.

۲. امکان طراحی مرحله‌ای و کنترل شده (Step-by-Step) که باعث افزایش ایمنی، سهولت کنترل فشار و افزایش پایداری عملکرد کل سامانه می‌شود.

کندانسور و اهمیت کاهش فشار در آن

کندانسور یکی از اجزای کلیدی در سیکل نیروگاه‌های بخار است و نقش آن تبدیل بخار خروجی از توربین به آب مایع و بازگرداندن آن به چرخه تولید بخار است. عملکرد مناسب این تجهیز تأثیر مستقیمی بر راندمان کل نیروگاه دارد. یکی از مهم‌ترین پارامترهای بهره‌برداری از کندانسور، فشار داخلی آن است که هرچه پایین‌تر باشد، عملکرد توربین و در نتیجه توان تولیدی نیروگاه بهبود می‌یابد.

کاهش فشار در کندانسور باعث افزایش اختلاف فشار بین ورودی توربین (بخش‌های فشار بالا و متوسط، HP و IP) و خروجی توربین می‌شود. هرچه این اختلاف فشار بیشتر باشد، بخار در مسیر عبور از توربین انبساط بیشتری پیدا می‌کند و با سرعت و انرژی بالاتری به پره‌های توربین برخورد می‌کند. این موضوع سبب افزایش سرعت چرخش روتور توربین و در نهایت افزایش توان مکانیکی تولیدی می‌شود که در ژنراتور به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد.

به همین دلیل در نیروگاه‌های بخار همواره تلاش می‌شود کندانسور در شرایط خلأ (Vacuum) کار کند. ایجاد و حفظ این خلأ باعث می‌شود بخار خروجی توربین با حداقل فشار ممکن وارد کندانسور شده و فرآیند تقطیر با راندمان بالاتری انجام گیرد.

روش‌های ایجاد و حفظ خلأ در کندانسور

برای کاهش فشار و ایجاد خلأ در کندانسور از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها شامل استفاده از اژکتور بخار و بهبود فرآیند خنک‌کاری توسط برج خنک‌کننده است.

روش اول : استفاده از اژکتور

در روش اول از اژکتور بخار (Steam Ejector) استفاده می‌شود. در این سیستم بخشی از بخار فشار بالا (HP) به عنوان سیال محرک به اژکتور هدایت می‌شود. این بخار هنگام عبور از نازل اژکتور منبسط شده و سرعت آن به شدت افزایش می‌یابد. افزایش سرعت بخار موجب کاهش فشار آن بر اساس اصل ونتوری می‌شود. این افت فشار در ناحیه مکش اژکتور باعث می‌شود بخارهای باقیمانده و همچنین گازهای غیرقابل تقطیر موجود در کندانسور مکیده شده و از سیستم خارج شوند. خروج این گازها نقش مهمی در حفظ شرایط خلأ داخل کندانسور دارد و در نتیجه فشار داخلی کندانسور کاهش می‌یابد.

سیستم خنک‌کاری و برج خنک‌کننده

روش دوم به سامانهٔ خنک‌کاری و برج خنک‌کننده (Cooling Tower) مربوط می‌شود. در کندانسور، بخار خروجی از توربین در تماس مستقیم با آب خنک قرار گرفته و حرارت خود را به آن منتقل می‌کند. هرچه دمای آب خنک پایین‌تر باشد، فرآیند انتقال حرارت مؤثرتر انجام شده و بخار با سرعت بیشتری تقطیر و به آب مایع تبدیل می‌شود؛ در نتیجه فشار در فضای داخلی کندانسور کاهش می‌یابد.

علاوه بر این، پایین بودن دمای آب خنک موجب پایداری ظرفیت تقطیر شده و امکان کارکرد مداوم کندانسور در شرایط خلأ را فراهم می‌کند. ازاین‌رو عملکرد مناسب برج خنک‌کننده نقش مهمی در حفظ راندمان واحد نیروگاهی و جلوگیری از افزایش فشار کندانسور ایفا می‌کند.

برای تأمین آب خنک با دمای مناسب در واحدهای نیروگاهی، پالایشگاهی و سایر صنایع فرایندی، از برج‌های خنک‌کننده به‌عنوان یکی از تجهیزات کلیدی و ضروری استفاده می‌شود. در این سامانه‌ها، آب گرم خروجی از کندانسور یا دیگر مبدل‌های حرارتی وارد برج شده و پس از عبور از روی پکینگ‌ها، با جریان هوای تازه در تماس قرار می‌گیرد. این تماس گسترده موجب تبخیر بخشی از آب و افزایش شدت تبادل حرارتی می‌شود که در نهایت کاهش دمای آب را به دنبال دارد. آب خنک‌شده در تشتک برج جمع‌آوری و مجدداً به مدار اصلی بازگردانده می‌شود تا پایداری عملکرد و راندمان حرارتی تجهیزات حفظ شود. با وجود کارایی بالای برج‌های خنک‌کننده، در برخی شرایط بهره برداری از جمله افزایش محسوس دمای محیط، افزایش بار حرارتی واحد، کاهش کارایی مبدل‌ها یا محدودیت جریان هوای ورودی ممکن است ظرفیت خنک‌کاری برج پاسخگوی نیاز سیستم نباشد. در چنین شرایطی از عملیاتی به نام دِلوژ (Deluge) استفاده می‌شود. در این روش، حجم بیشتری از آب به‌صورت پاششی و گسترده از بخش فوقانی برج روی پکینگ ها یا سطوح تبادل حرارتی رها می‌شود. این افزایش حجم و گسترش سطح تماس آب با هوا موجب تقویت فرآیند تبخیر و به تبع آن کاهش بیشتر دمای آب خروجی می‌گردد.

عملیات دلوژ معمولاً به صورت موقت و در شرایط خاص بهره‌برداری به کار گرفته می‌شود و اجرای صحیح آن نیازمند کنترل دقیق دبی آب، زمان انجام عملیات و شرایط محیطی است. از این رو، جزئیات فنی این روش—including شیوه اجرا، مزایا، محدودیت‌ها و ملاحظات عملیاتی در مباحث تخصصی مرتبط با طراحی و بهره‌برداری برج‌های خنک‌کننده به‌طور مفصل و ساختاریافته مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در صورتی که به هر دلیل فشار داخل کندانسور افزایش یابد و به مقدار مطلوب کاهش پیدا نکند، سیستم‌های حفاظتی نیروگاه برای جلوگیری از آسیب دیدن تجهیزات وارد عمل می‌شوند. یکی از این مکانیزم‌ها، سیستم Run Back است.

برای حفاظت از تجهیزات اصلی نیروگاه، سازندگان سیستم مکانیزم کنترلی ویژه‌ای را در نظر گرفته‌اند. زمانی که فشار کندانسور به حدود ۰/۳۷ بار برسد، سیستم Run Back به صورت خودکار فعال می‌شود. در این حالت دایورتر دمپر (Diverter Damper) حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه بسته می‌شود. با بسته شدن نسبی این دمپر، مقدار کمتری از محصولات احتراق وارد بویلر می‌شود و در نتیجه نرخ تولید بخار در بویلر کاهش می‌یابد.

کاهش تولید بخار باعث می‌شود مقدار بخار ورودی به توربین و در نهایت بخار ورودی به کندانسور کمتر شود. با کاهش بار حرارتی کندانسور، شرایط برای کاهش فشار داخلی آن فراهم شده و سیستم به حالت پایدار باز می‌گردد.

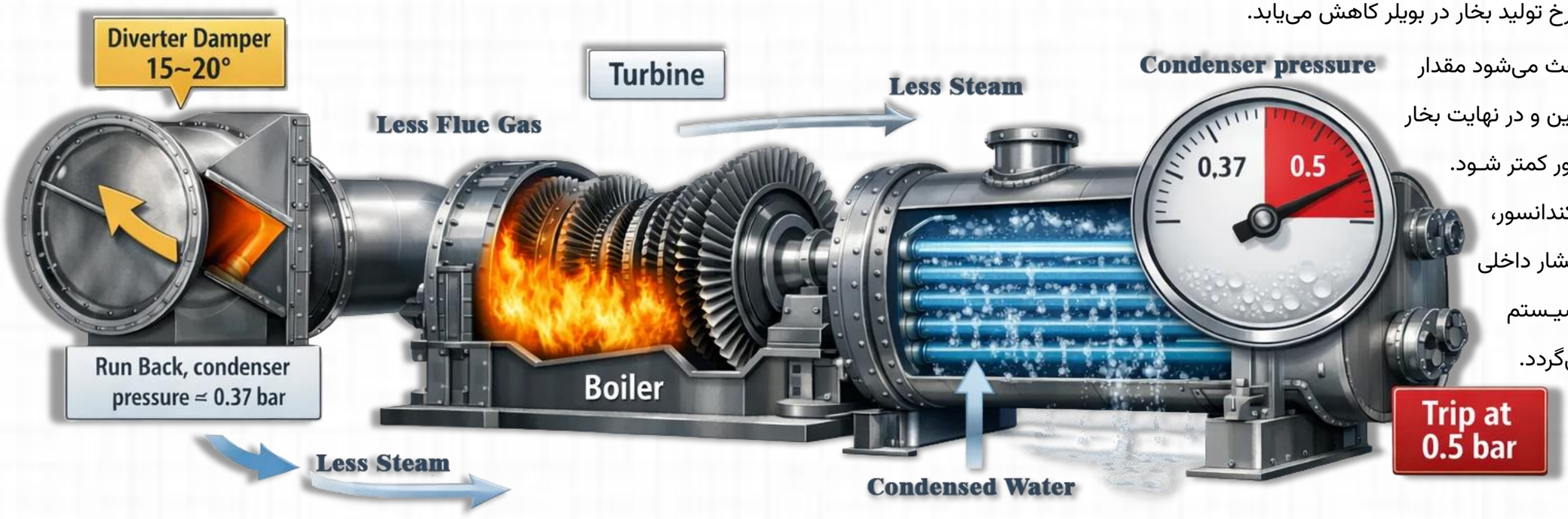
حالت حفاظتی نهایی؛ تریپ واحد (در فشار حدود ۰/۵ بار)

حالت حفاظتی نهایی؛ تریپ واحد (در فشار حدود ۰/۵ بار)

اگر مکانیزم Run Back نتواند فشار کندانسور را کاهش دهد یا فشار همچنان افزایش یابد، سیستم حفاظتی مرحله نهایی فعال می‌شود. در این شرایط زمانی که فشار کندانسور به حدود ۰/۵ بار برسد، واحد به صورت خودکار Trip می‌کند. این توقف اضطراری با هدف جلوگیری از آسیب‌های جدی به توربین، بویلر و سایر تجهیزات اصلی نیروگاه انجام می‌شود.

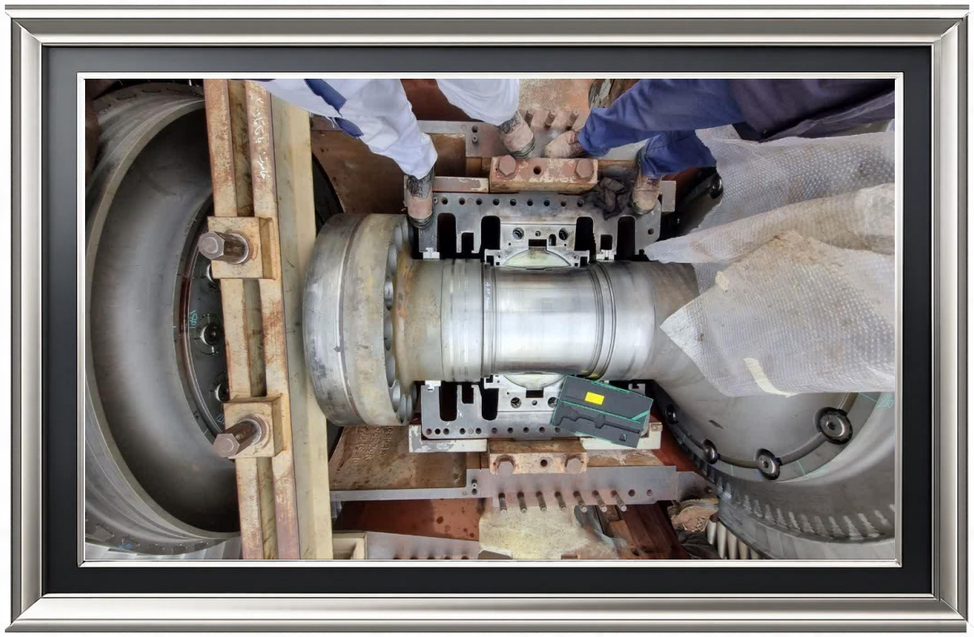
نتیجه‌گیری نهایی

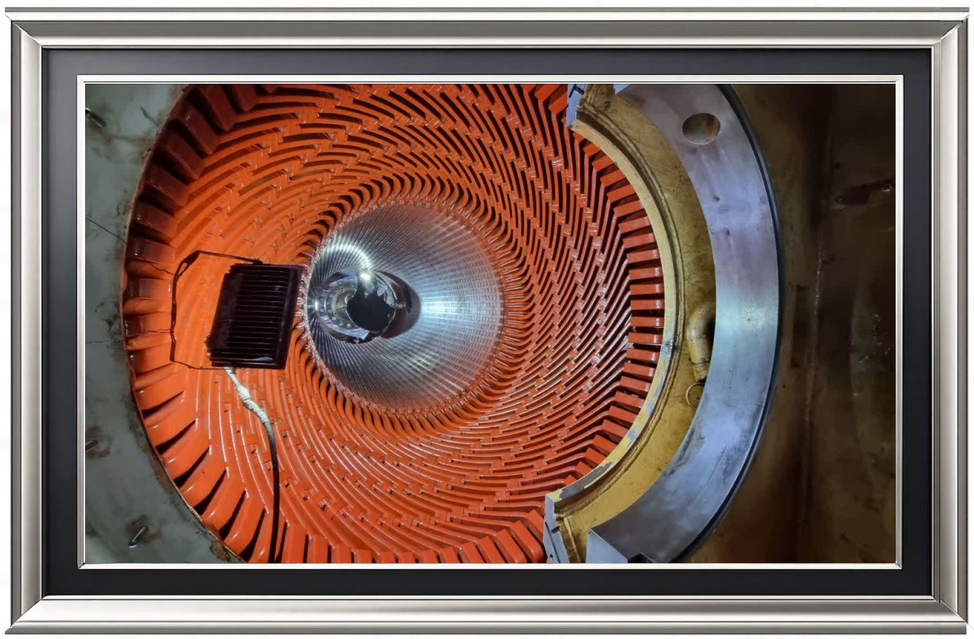
در طراحی و بهره‌برداری نیروگاه‌های بخار، حفظ فشار پایین در کندانسور از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. سیستم کنترل نیروگاه ابتدا تلاش می‌کند با استفاده از مکانیزم Run Back به صورت تدریجی و کنترلی مشکل افزایش فشار را برطرف کند. در صورتی که این اقدام کافی نباشد، سیستم حفاظتی با تریپ کردن واحد به شکل قاطع از تجهیزات حیاتی نیروگاه محافظت خواهد کرد.



تصاویری از اورهال واحد گازی F9

تصاویری از اورهال واحد گازی F9





هوش مصنوعی در مهندسی مکانیک

جیمیل نویسنده

امیرمحمد معلمی

دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک دانشگاه گناباد

هوش مصنوعی دیگر فقط یک واژه پرهیاهو در دنیای فناوری نیست؛ امروز به یکی از تأثیرگذارترین ابزارهای عصر جدید تبدیل شده است. این فناوری با الهام از شیوه تفکر انسان، تلاش می‌کند ماشین‌هایی بسازد که «ببینند»، «بفهمند» و حتی «تصمیم بگیرند». از تشخیص گفتار گرفته تا واقعیت مجازی و شبیه‌سازی‌های پیچیده، همه و همه زیر چتر گسترده هوش مصنوعی قرار می‌گیرند.

در رشته مهندسی مکانیک نیز هوش مصنوعی فصل تازه‌ای را آغاز کرده است. امروزه بسیاری از فرآیندهای طراحی، تحلیل و کنترل سیستم‌های مکانیکی با کمک الگوریتم‌های هوشمند دقیق‌تر، سریع‌تر و قابل اعتمادتر انجام می‌شوند. این فناوری می‌تواند خطاهای انسانی را کاهش دهد، بهره‌وری را افزایش دهد و حتی راه‌حل‌هایی ارائه کند که شاید پیش از این تصور آن‌ها ممکن نبود.

هوش مصنوعی توانایی یادگیری از داده‌ها، پیش‌بینی رفتار سیستم‌ها و بهینه‌سازی عملکرد را دارد؛ قابلیت‌هایی که در مهندسی مکانیک به معنای افزایش دقت، کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت محصولات است. با کمک این فناوری، ماشین‌ها می‌توانند به صورت هوشمند عمل کنند، خطاها را کشف کنند و به صورت خودکار تنظیم شوند.

مواد و روش

یادگیری در هوش مصنوعی بر پایه نحوه عملکرد هوش انسانی شکل گرفته و اساس آن، سازوکار یادگیری نورون‌ها است. برای توسعه نورون‌های دیجیتال و شبکه‌های عصبی مصنوعی، از برنامه‌های کامپیوتری استفاده شده تا چگونگی عملکرد نورون‌های مغز انسان شبیه‌سازی شود. در نتیجه این فرایند، هوش مصنوعی اکنون قادر است با پردازش حجم گسترده‌ای از داده‌ها، یاد بگیرد و توانایی‌هایی مانند حل مسئله را بر اساس تحلیل همین داده‌ها ایجاد کند. این قابلیت‌ها با بهره‌گیری از نورون‌های دیجیتال و شبکه‌های عصبی مصنوعی ممکن شده است.

دستگاه‌های هوشمند و ربات‌ها محدود به انجام وظایف از پیش تعیین‌شده نیستند؛ بلکه به‌طور هم‌زمان می‌توانند بر اساس دانش ذخیره‌شده در حافظه خود، عملکردهای مختلفی را انتخاب کنند. تفاوت یادگیری عمیق و یادگیری ماشین از نحوه آموزش الگوریتم‌ها ناشی می‌شود. در یادگیری عمیق می‌توان از مجموعه‌داده‌های بسیار بزرگ‌تری استفاده کرد، زیرا این روش مرحله استخراج ویژگی را تا حد زیادی کاهش داده و نیاز به دخالت مستقیم انسان را کم می‌کند.

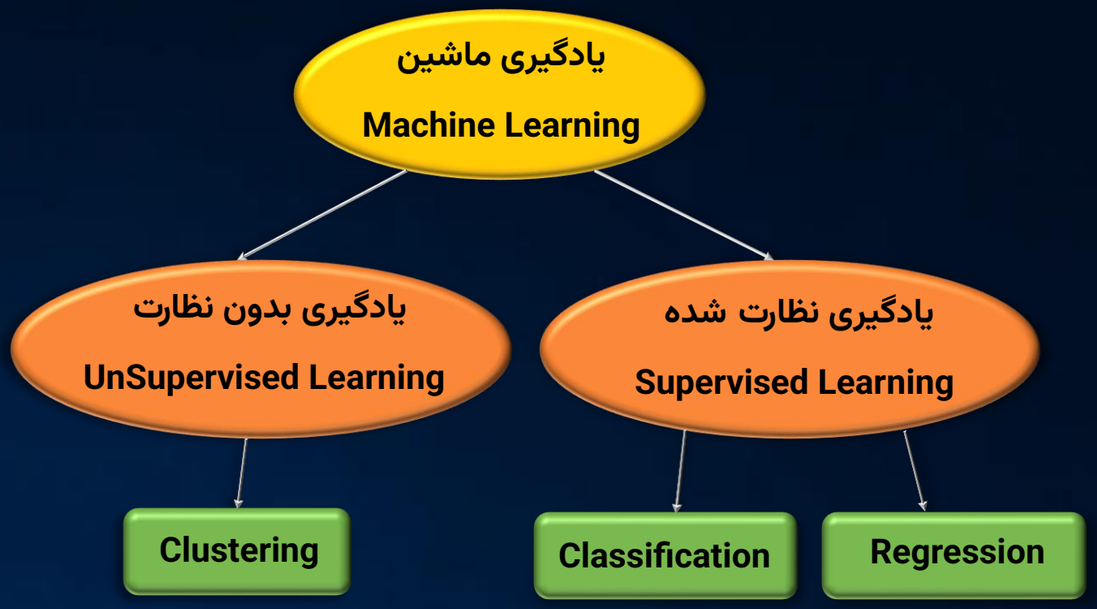
اگرچه برای برخی روش‌ها همیشه به مجموعه داده برچسب‌دار نیاز نیست، یادگیری عمیق همچنان می‌تواند از داده‌های برچسب‌دار (یادگیری هدایت‌شونده) بهره ببرد. همچنین این روش قادر است داده‌های بدون ساختار مانند متن و تصویر را نیز پردازش کند و به‌صورت خودکار ویژگی‌هایی را که انواع داده‌ها را از یکدیگر متمایز می‌کنند، شناسایی نماید. مزیت مهم یادگیری عمیق آن است که برخلاف یادگیری ماشین سنتی، به تفسیر انسانی داده‌ها وابسته نیست. به همین دلیل پیشرفت‌های سریع در حوزه‌هایی مانند بینایی ماشین، پردازش زبان طبیعی و تشخیص گفتار بیشتر به یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی نسبت داده می‌شود.

شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) از لایه‌هایی از گره‌ها تشکیل شده‌اند که شامل یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی است. هر نورون یا گره دارای وزن و مقدار آستانه است و به سایر گره‌ها متصل می‌شود. زمانی که خروجی یک گره از مقدار آستانه فراتر رود، فعال شده و اطلاعات را به لایه بعدی ارسال می‌کند؛ در غیر این صورت داده‌ای منتقل نمی‌شود.

شکل ۱ – هوش مصنوعی و زیر مجموعه های آن

عمق لایه‌ها در شبکه‌های عصبی عامل اصلی در شکل‌گیری مفهوم «یادگیری عمیق» است. در واقع، یک شبکه عصبی عمیق معمولاً بیش از سه لایه بین ورودی و خروجی دارد. در مقابل، یک شبکه عصبی ساده تنها شامل دو یا سه لایه است.

یادگیری ماشین فرآیند توسعه نرم‌افزارهایی است که بدون نیاز به برنامه‌ریزی صریح و تنها بر اساس تجربه، یاد می‌گیرند. برای مثال، یک برنامه می‌تواند تشخیص دهد که متن دست‌نویس یک تصویر چیست یا حتی سرطان سینه را از داده‌های پزشکی شناسایی کند، بدون آنکه به‌طور مشخص برای این کار برنامه‌ریزی شده باشد. این دسته شامل برنامه‌هایی نیز می‌شود که قادرند بازی‌های رایانه‌ای انجام دهند، راه بروند، شطرنج بازی کنند و وظایفی مشابه را به‌صورت خودآموز بیاموزند.



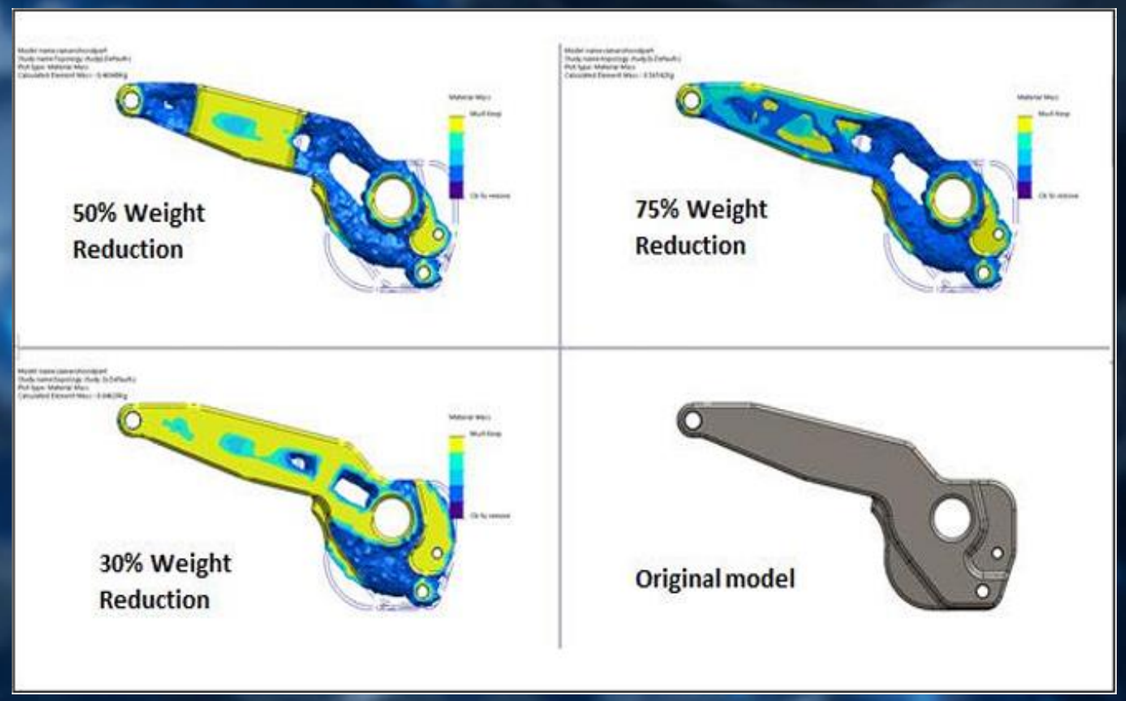
شکل ۲ – تکنیک‌های یادگیری ماشین (Learning Machine)

به‌طور کلی، هوش مصنوعی یکی از راهکارهای برجسته برای جبران محدودیت‌های ذهنی انسان در انجام وظایف پیش‌بینی، طبقه‌بندی و خوشه‌بندی به شمار می‌رود. این فناوری در مدل‌سازی رفتار انسان و سیستم‌های زنده به‌کار گرفته می‌شود و وظایفی را انجام می‌دهد که به‌طور معمول از عهده انسان یا سیستم‌های زنده خارج است. از میان این کاربردها می‌توان به الگوهای تشخیص، طبقه‌بندی، منطق فازی، شبکه‌های عصبی مصنوعی و یادگیری ماشین اشاره کرد. علاوه بر این، تاکتیک‌ها و موجودات زنده نیز برای درک بهتر و بررسی طبیعت مورد توجه قرار می‌گیرند و پژوهش‌های هوشمندانه در حوزه هوش مصنوعی با رویکردی مبتنی بر مقایسه و الهام از این ساختارها پیش می‌روند. در واقع، استراتژی‌های پیشرفته هوش مصنوعی، از الگوریتم‌هایی مانند کلونی مورچه و سیستم‌های زنبورعسل مصنوعی الهام می‌گیرند. هدف از این الگوریتم‌ها، شبیه‌سازی فرآیندهای تصمیم‌گیری و حرکت در طبیعت و انتقال آنها به ماشین‌ها از طریق مدل‌سازی ساختارهای عصبی و فیزیولوژیکی است.

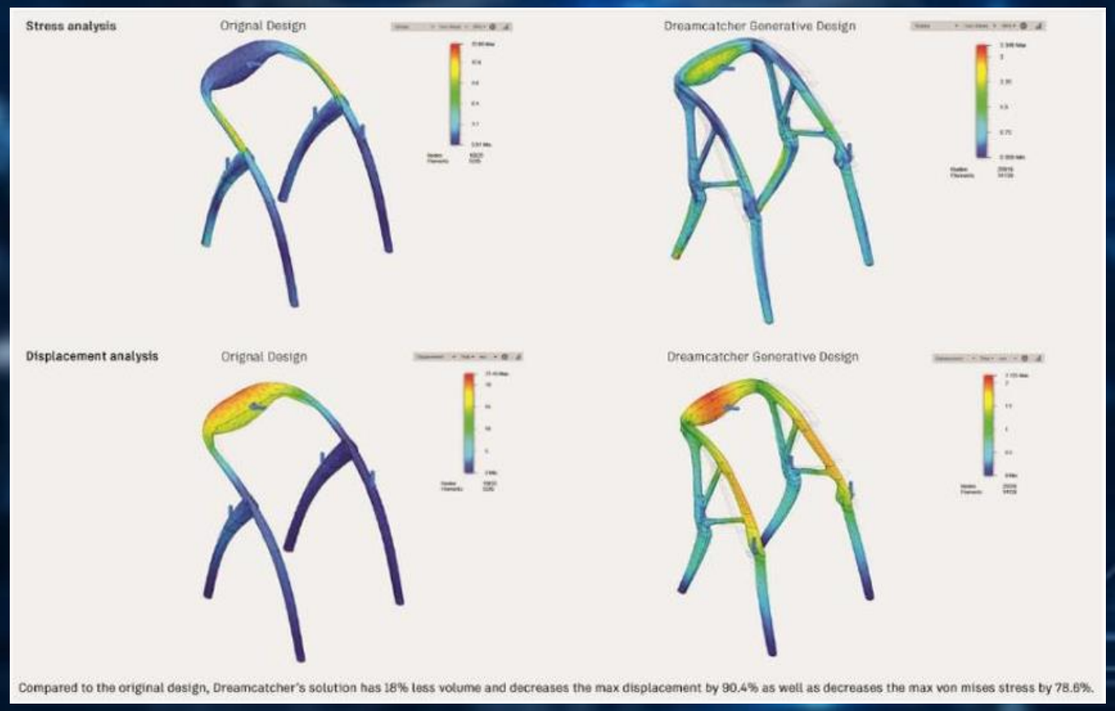
AI در مهندسی مکانیک

علاوه بر ارائه راهکارهایی برای جنبه‌های مختلف زندگی روزمره، از هوش مصنوعی برای انجام وظایفی مانند پیش‌بینی، طبقه‌بندی و خوشه‌بندی نیز استفاده می‌شود. هوش مصنوعی به مدل‌سازی مغز انسان و سیستم‌های زنده می‌پردازد؛ سیستم‌هایی که قادرند وظایف خود را با دقت بالا انجام دهند. فناوری‌های هوش مصنوعی معمولاً شامل روش‌هایی مانند سیستم‌های خبره، الگوریتم‌های ژنتیک، منطق فازی، شبکه‌های عصبی مصنوعی و یادگیری ماشین هستند. افزون بر این، برای تقلید از طبیعت، رفتار موجودات زنده نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد و از آن‌ها برای ارائه راهبردهای هوشمندانه الهام گرفته می‌شود. از جمله این روش‌ها می‌توان به الگوریتم‌هایی مانند کلونی مورچه‌ها، دسته‌های ذرات و زنبورهای مصنوعی اشاره کرد. به طور کلی، منظور از هوش مصنوعی انتقال هوش انسانی به ماشین‌ها (رایانه و نرم‌افزار) از طریق مدل‌سازی ساختارهای عصبی و فیزیولوژیکی است. به بیان ساده، هوش مصنوعی شامل سیستم‌های رایانه‌ای است که قادرند مانند انسان فکر کنند، مانند انسان رفتار کنند و استدلال منطقی داشته باشند .در این چارچوب، یادگیری به‌عنوان مرحله نهایی توسعه سیستم‌های هوشمند در نظر گرفته می‌شود.

در محیط‌های طراحی به کمک رایانه(CAD) ، مصنوعات طراحی، قوانین و مسائل مرتبط برای استفاده‌های بعدی توسط طراحان ذخیره و بایگانی می‌شوند. هوش مصنوعی و CAD می‌توانند با استفاده از استدلال مبتنی بر مدل (MBR) با یکدیگر ترکیب شوند. همچنین سیستم‌های دانش‌بنیان به طور گسترده در نرم‌افزارهای جدید مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از حوزه‌های مهم کاربرد هوش مصنوعی طراحی زایشی است. در این روش، ابزار طراحی مولد پس از دریافت معیارهای طراحی به عنوان ورودی، مجموعه‌ای از طرح‌های بالقوه را تولید می‌کند. در نسخه ۲۰۱۸ نرم‌افزار SolidWorks نیز قابلیت بهینه‌سازی توپولوژی با استفاده از چندین الگوریتم مبتنی بر طراحی زایشی ارائه شده است.



شکل ۳ – بهینه سازی توپولوژی یک قطعه توسط نرم افزار SolidWorks

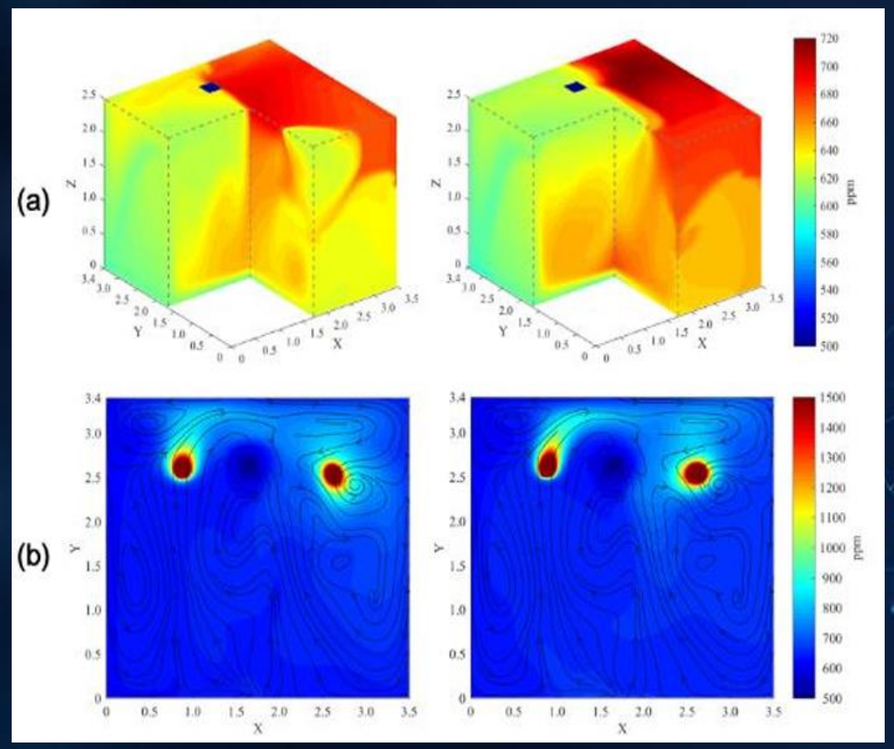


شکل 4 – طراحی یک صندلی در پروژه Dreamcatcher

پروژه‌ای با نام Dreamcatcher توسط Autodesk Research آغاز شد که طراحی زایشی را ممکن می‌سازد. این پروژه، نمونه‌ای از طراحی یک صندلی است که فضای طراحی را برای طراحی مولد نشان می‌دهد. به‌عنوان یک ابزار طراحی، Dreamcatcher باید راه‌حل‌هایی ارائه دهد که نه‌تنها در شرایط بار معین عملکرد مناسبی داشته باشند، بلکه محدودیت‌های زیبایی‌شناختی، ساخت و راحتی را نیز برآورده کنند. برای ایجاد راه‌حل صندلی، چارچوب آن با وارد کردن شرایط بار به Dreamcatcher که نشان‌دهنده وزن فرد روی صندلی و پشتی آن است بهینه شد. وزن بارگذاری‌شده ۳۰۰ پوند بود. برای ساخت راه‌حل، از Fusion 360 CAD، CAM و یک روتر CNC استفاده شد و از چوب گردو به‌عنوان ماده بهره گرفته شد. در مقایسه با طرح اصلی، محصول حاصل از Dreamcatcher نیز ۱۸ درصد حجم کمتری دارد و حداکثر جابجایی را تا ۹۰/۴ درصد کاهش می‌دهد و همچنین حداکثر تنش را ۷۸/۶ درصد کاهش می‌دهد.

آنچه از این پروژه آموخته شد این است که فضای طراحی جدیدی وجود دارد که توسط نرم‌افزارهای مولد تغذیه می‌شود. طراحان امروزی ملزم‌اند فرم‌هایی ایجاد کنند که بر اساس شهود خود از نحوه عملکرد طراحی تحت بارگذاری آگاه باشند. سپس طراح باید طرح خود را از طریق شبیه‌سازی ارزیابی کند و فرایند تکرار و بهبود طراحی را ادامه دهد. ابزار های طراحی مولد مانند Dreamcatcher با پیشنهاد راه‌حل‌هایی که عملکرد را در نظر می‌گیرند، جایگزین این فرایند تکرارشونده می‌شوند. بنابراین، ابزارهای طراحی مولد به‌نوعی به همکار فرایند طراحی تبدیل می‌شوند و بهطراح این امکان را می‌دهند تا راه‌حل‌های قابل اجرا را که معیارهایی مانند شرایط بار، زیبایی‌شناسی و ارگونومی را برآورده می‌کنند، بررسی کند.لاقه زیادی به دینامیک سیالات محاسباتی در میان ریاضی‌دانان، فیزیک‌دانان و مهندسان وجود داشته است. شبیه‌سازی عددی مستقیم، به دلیل وجود آشفتگی و تلاطم، حل مسائل مکانیک سیالات را بسیار دشوارتر می‌کند. معادلات ناویر–استوکس میانگین‌گیری‌شده $(RANS)$و شبیه‌سازی گردابه‌های بزرگ (LES)دو مدل برای تخمین رفتار جریان هستند و هوش مصنوعی نیز راه خود را در میان آن‌ها باز کرده است. پژوهشگران به شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)علاقه بیشتری نشان می‌دهند،

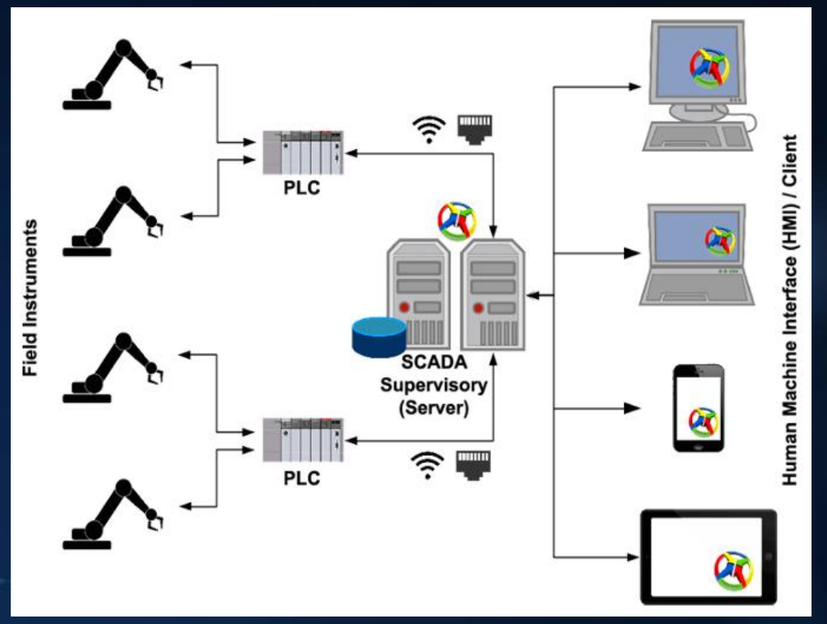
زیرا این شبکه‌ها توانایی تقریب جریان‌ها را با توان پردازشی کمتر، زمان کمتر و کاهش بُعد مسائل دارند. افزون بر این، آن‌ها تطابق بالایی با مدل‌های مرسوم CFD دارند. با این حال، آموزش شبکه عصبی مصنوعی از طریق سناریوهای مختلف، بخش دشواری از این فرایند است. همچنین، استفاده از شبکه‌های عصبی می‌تواند مانع درک مستقیم فرایند جریان شود.



شکل ۵ – مقایسه مدل CFD و استفاده از ANN
(سمت چپ CFD و سمت راست مدل ANN)

به منظور تحلیل، بهینه‌سازی و تضمین کیفیت محصولات، انقلاب صنعتی چهارم موجب اتصال تمامی تجهیزات مورد استفاده در تأسیسات تولیدی و کالاهای مصرفی به یکدیگر خواهد شد. در چنین شرایطی، مهندسانی که توانایی تفسیر عمیق داده‌های حسگرها را داشته باشند برای مدیریت این حجم از داده‌های فناورانه ضروری خواهند بود. توسعه نرم‌افزارهایی که بتوانند داده‌های ارائه‌شده توسط حسگرها را در اجزای نیروگاه‌ها، تجهیزات صنعتی یا محصولات مصرفی مدیریت کنند، نیازمند مهندسان مکانیک با دانش هوش مصنوعی است.

بهینه‌سازی عملکرد نیروگاه‌ها تنها یکی از کاربردهای علم داده در این حوزه محسوب می‌شود. همچنین می‌توان خرابی‌ها را با استفاده از داده‌های سیستم کنترل نظارتی و اکتساب داده‌ها (SCADA) پیش‌بینی کرد و از بروز هزینه‌های اضافی جلوگیری نمود.



شکل ۶ – استفاده از داده های کنترل نظارتی و اکتساب داده ها(SCADA)

پایتون یکی از پرکاربردترین زبان‌های برنامه‌نویسی در حوزه یادگیری ماشین (ML) است. بسیاری از مهندسان مکانیک از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به عنوان بخشی از ابزارهای مهندسی، مانند نرم‌افزارهای CAD/CAM، تحلیل المان محدود (FEA) یا برای تحلیل داده‌ها و تصمیم‌گیری مهندسی استفاده می‌کنند. روش‌های متعددی برای به‌کارگیری هوش مصنوعی در مهندسی مکانیک وجود دارد. برای مثال، طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌ها و قطعات مکانیکی مانند موتورها، چرخ‌دنده‌ها و یاتاقان‌ها می‌تواند با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی به صورت خودکار انجام شود. همچنین عملکرد سیستم‌های مکانیکی را می‌توان با بهره‌گیری از مدل‌های هوش مصنوعی شبیه‌سازی و تحلیل کرد تا رفتار سیستم پیش‌بینی شده،

مشکلات احتمالی آینده شناسایی و تغییرات لازم پیشنهاد شود. افزون بر این، هوش مصنوعی می‌تواند برای پایش و مدیریت سیستم‌های مکانیکی در زمان واقعی مورد استفاده قرار گیرد و در نتیجه قابلیت اطمینان و کارایی آن‌ها را افزایش دهد. به طور کلی، به‌کارگیری هوش مصنوعی در مهندسی مکانیک می‌تواند موجب افزایش کارایی، قابلیت اطمینان و عملکرد سیستم‌های مکانیکی شده و زمینه توسعه فناوری‌های نوین و پیشرفته را فراهم کند.

نتیجه‌گیری :

هوش مصنوعی امکان استخراج دانش از حجم عظیم داده‌های ساختاریافته و بدون ساختار را فراهم کرده و به همین دلیل به یکی از ابزارهای مهم تحلیل داده در عصر دیجیتال تبدیل شده است. با توجه به گستردگی داده‌های موجود، استفاده مؤثر از روش‌های یادگیری ماشین می‌تواند نقش مهمی در حل مسائل مهندسی ایفا کند. در حوزه مهندسی مکانیک نیز، بهره‌گیری از این فناوری فرصت‌های متعددی برای تحلیل، طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌ها ایجاد کرده است.

با وجود آن که بسیاری از مهندسان مکانیک تخصص اصلی خود را در علوم کامپیوتر ندارند، آشنایی با مفاهیم پایه‌ای تحلیل داده و یادگیری ماشین برای آن‌ها ضروری است. درک مفاهیمی مانند جبر خطی، احتمال، آمار و بهینه‌سازی می‌تواند زمینه استفاده مؤثر از الگوریتم‌های هوش مصنوعی را فراهم کند.

در نهایت، هوش مصنوعی با تکیه بر توان پردازشی بالا و دسترسی به داده‌های گسترده، ابزارها و چارچوب‌های قدرتمندی برای توسعه مدل‌های یادگیری ماشین ارائه می‌دهد. استفاده صحیح از این فناوری می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری، افزایش بهره‌وری و ارتقای فرآیندهای مهندسی منجر شود و تعامل مؤثرتری میان داده‌ها، متخصصان و سامانه‌های هوشمند ایجاد کند.

Fifth-Gen Challenger

بخش گزارش

امیررضا اسدی

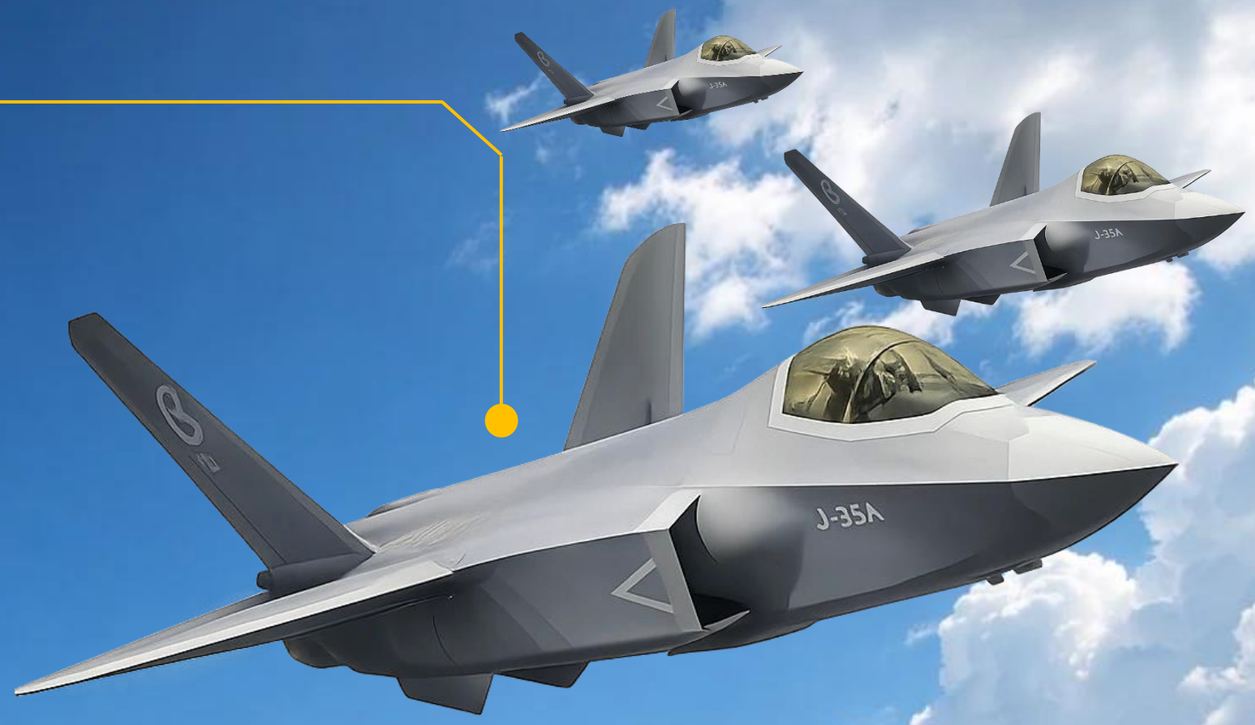
دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک دانشگاه گناباد

جیمیل نویسنده

ظهور نسل جدیدی از جنگنده‌های پنهان‌کار چین، توجه بسیاری از علاقه‌مندان هوانوردی و تحلیل‌گران صنعت هوافضا را در نمایشگاه هوایی ۲۰۲۶ سنگاپور به خود جلب کرد. این هواپیما، که نمایانگر تازه‌ترین گام چین در مسیر توسعه فناوری‌های نسل پنجم است، با طراحی کم‌مقطع، سامانه‌های اویونیکی پیشرفته و توانمندی‌های پروازی مدرن، خود را به‌عنوان یکی از جدی‌ترین رقبای جنگنده‌های پیشرو جهان از جمله F35 مطرح کرده است. حضور این جنگنده در سنگاپور نه‌تنها فرصتی کم‌نظیر برای مشاهده نزدیک آن فراهم کرد، بلکه دید تازه‌ای از سرعت پیشرفت فناوری‌های هوایی شرق آسیا ارائه داد؛ پیشرفتی که بی‌تردید نقشی مهم در شکل‌دهی آینده هوانوردی نظامی خواهد داشت.

در طراحی این جنگنده، تمرکز اصلی بر ویژگی‌های پنهانکاری (Stealth) بوده است؛ قابلیتی که شناسایی هواپیما توسط رادارهای دشمن را به حداقل می‌رساند. بدنه یکپارچه و صیقلی آن به گونه‌ای شکل داده شده که بازتاب امواج راداری کاهش یابد. همچنین تسلیحات در محفظه‌های داخلی حمل می‌شوند؛ روشی که علاوه بر حفظ ویژگی رادارگریزی، مقاومت آیرودینامیکی را نیز کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، چین تلاش کرده است در این پروژه از موتورهای توربوفن بومی استفاده کند تا وابستگی خود به فناوری خارجی در بخش پیشرانه را کاهش دهد.

در ساختار نیروی هوایی چین، این جنگنده قرار است مکمل جنگنده سنگین‌تر J-20 باشد. در حالی که J-20 بیشتر نقش یک رهگیر و مهاجم سنگین را ایفا می‌کند، J-35A به‌عنوان جنگنده‌ای چندمنظوره، سبک‌تر و مقرون‌به‌صرفه‌تر طراحی شده است؛ ویژگی‌ای که امکان تولید و استقرار آن در تعداد بیشتر را فراهم می‌کند.



چین در نمایشگاه هوایی سنگاپور ۲۰۲۶ با نمایش یک مدل دقیق از جنگنده نسل پنجم J-35A، عملاً از رقیبی تازه برای جنگنده مشهور F-35 رونمایی کرد؛ هواپیمایی که قرار است هم توان رزمی نیروی هوایی چین را تقویت کند و هم به گزینه‌ای بالقوه در بازار جهانی تسلیحات تبدیل شود.

شرکت صنایع هوافضای چین (AVIC) در این نمایشگاه از نسخه زمینی این جنگنده پرده برداشت. J-35A در واقع گونه‌ای است که برای عملیات از باندهای معمولی طراحی شده، در حالی که نسخه اولیه آن به‌عنوان جنگنده‌ای دریایی برای ناوهای هواپیمابر چین توسعه یافته بود. نمایش این مدل در یکی از مهم‌ترین رویدادهای هوانوردی آسیا، پیامی روشن داشت: پکن می‌خواهد نشان دهد که در حوزه طراحی و تولید جنگنده‌های نسل پنجم به سطحی از بلوغ فناوری رسیده است.

رونمایی چین از جنگنده نسل پنجم J-35A در نمایشگاه هوایی سنگاپور ۲۰۲۶ توجه کارشناسان را به توانایی این هواپیما در رقابت با F-35 جلب کرده است. J-35A با بدنه یکپارچه، ورودی‌های هوای DSI و محفظه داخلی تسلیحات، نشان می‌دهد که طراحان چینی اصول طراحی رادارگریز را به‌صورت جدی دنبال کرده‌اند. با این حال، نبود اطلاعات رسمی درباره سطح مقطع راداری واقعی آن، ارزیابی دقیق میزان پنهانکاری این جنگنده را دشوار می‌کند؛ در حالی که F-35 دارای فناوری پنهانکاری آزموده‌شده و شناخته‌شده است.

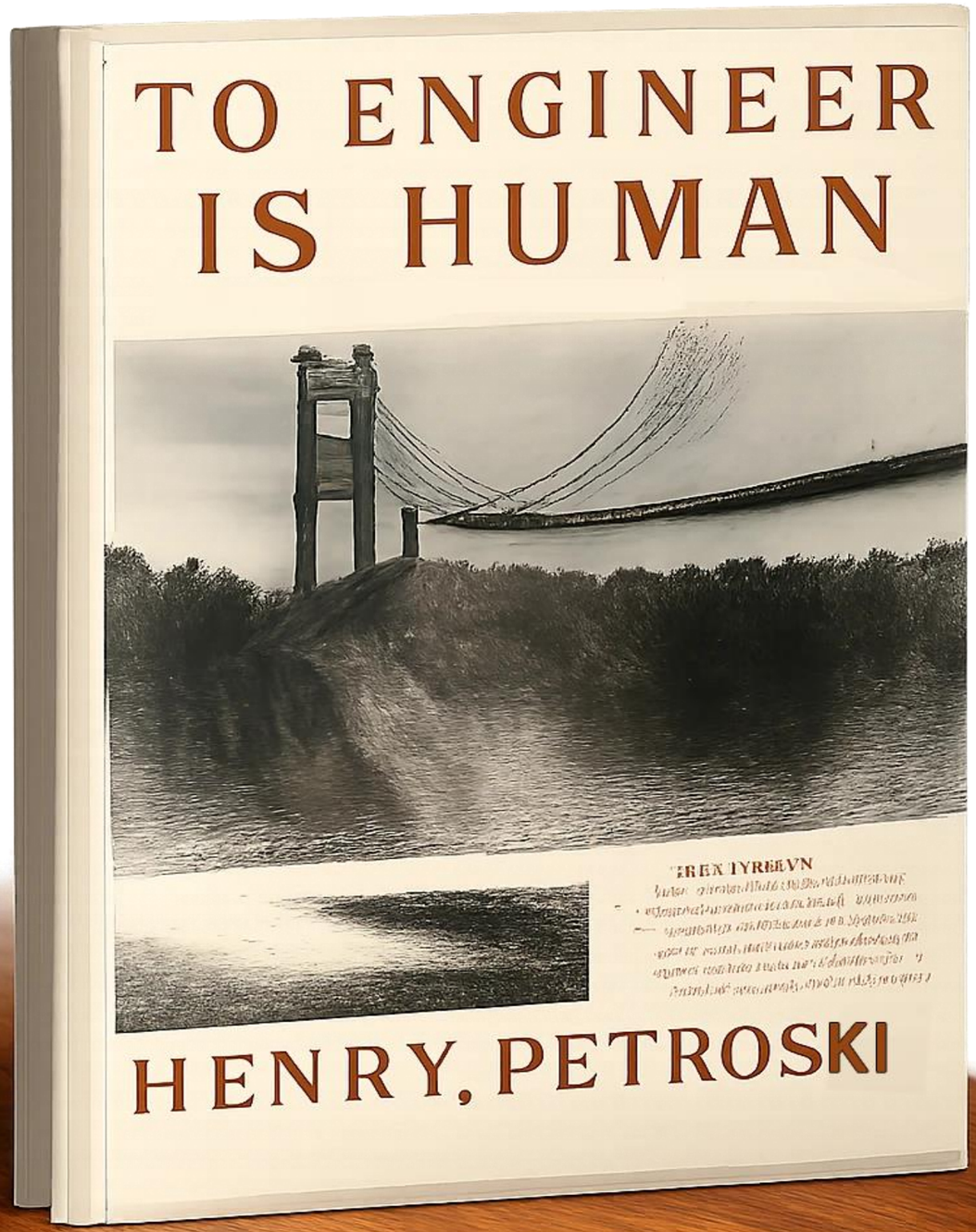
در حوزه پیشرانه نیز، اگرچه چین در توسعه موتورهای بومی مانند WS-19 پیشرفت داشته، اما موتور F135 مورد استفاده در F-35 همچنان از نظر رانش، بازده و عمر عملیاتی برتری محسوسی دارد. این تفاوت می‌تواند بر عملکرد پروازی و ظرفیت مأموریت‌های طولانی‌مدت تأثیرگذار باشد.

بخش دیگری که نقش تعیین‌کننده‌ای دارد، آویونیک و توان جنگ شبکه‌محور است. F-35 با رادار AN/APG-81، سامانه‌های یکپارچه حسگری و لینک داده اختصاصی، عملاً یک پلتفرم اطلاعاتی پرنده محسوب می‌شود. درباره میزان یکپارچگی و توان پردازش اطلاعات در J-35A اطلاعات محدودی منتشر شده و همین امر ارزیابی دقیق آن را دشوار می‌کند.

با وجود این چالش‌ها، نباید نقش J-35A را در بازار صادراتی نادیده گرفت. هزینه تولید کمتر، محدودیت‌های سیاسی کمتر نسبت به جنگنده‌های غربی، و تمایل بسیاری از کشورها برای دسترسی به فناوری‌های نسل پنجم، می‌تواند این مدل را به گزینه‌ای جذاب برای مشتریان آسیایی، آفریقایی و خاورمیانه‌ای تبدیل کند. از سوی دیگر، چین با معرفی نسخه زمین‌پایه و امکان تولید انبوه، نشان داده که قصد دارد J-35A را به مکمل عملیاتی J-20 و ابزار اصلی گسترش توان هوایی خود تبدیل کند.

در مجموع، J-35A را می‌توان رقیبی بالقوه برای F-35 دانست؛ به‌ویژه در بعد اقتصادی و بازار جهانی. اما از نظر بلوغ عملیاتی، توان آویونیکی و عملکرد پیشرانه، هنوز شواهد کافی برای قرار دادن آن در سطح F-35 وجود ندارد. این جنگنده بیش از آنکه یک تهدید فناورانه هم‌تراز باشد، فعلاً نماینده جهش تکنولوژیک چین و گامی مهم در مسیر رسیدن به استانداردهای جهانی نسل پنجم به شمار می‌رود.

بخش فرهنگی



جیمیل نویسنده

علی محمدی

دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک دانشگاه گناباد

مهندس بودن یعنی انسان بودن:

درس‌هایی از شکست در کتاب

“To Engineer Is Human”

معرفی کتاب

در دنیای مهندسی، توجه ما معمولاً بر موفقیت‌ها و طرح‌های بی‌نقص متمرکز است؛ شور کشف قوانین طبیعت و ساخت سازه‌هایی که در برابر این قوانین دوام می‌آورند، اغلب در اولویت قرار دارد. با این حال، فراتر از فرمول‌ها و معادلات، مهندسی با واقعیت‌های انسانی، محدودیت‌های دانش و اجتناب‌ناپذیریِ خطا پیوند خورده است.

کتاب «To Engineer Is Human: The Role of Failure in Successful Design» نوشته‌ی هنری پتروسکی (Henry Petroski) با نگاهی متفاوت به همین موضوع می‌پردازد. او نشان می‌دهد که شکست نه پایان مسیر، بلکه یکی از عوامل مهم پیشرفت در طراحی مهندسی است. این اثر، خواننده را به درکی واقع‌بینانه‌تر از ماهیت مهندسی دعوت می‌کند و نشان می‌دهد که پیشرفت بسیاری از دستاوردهای مهندسی، ریشه در تجربه‌ی خطاها و شکست‌ها دارد.

To Engineer Is Human

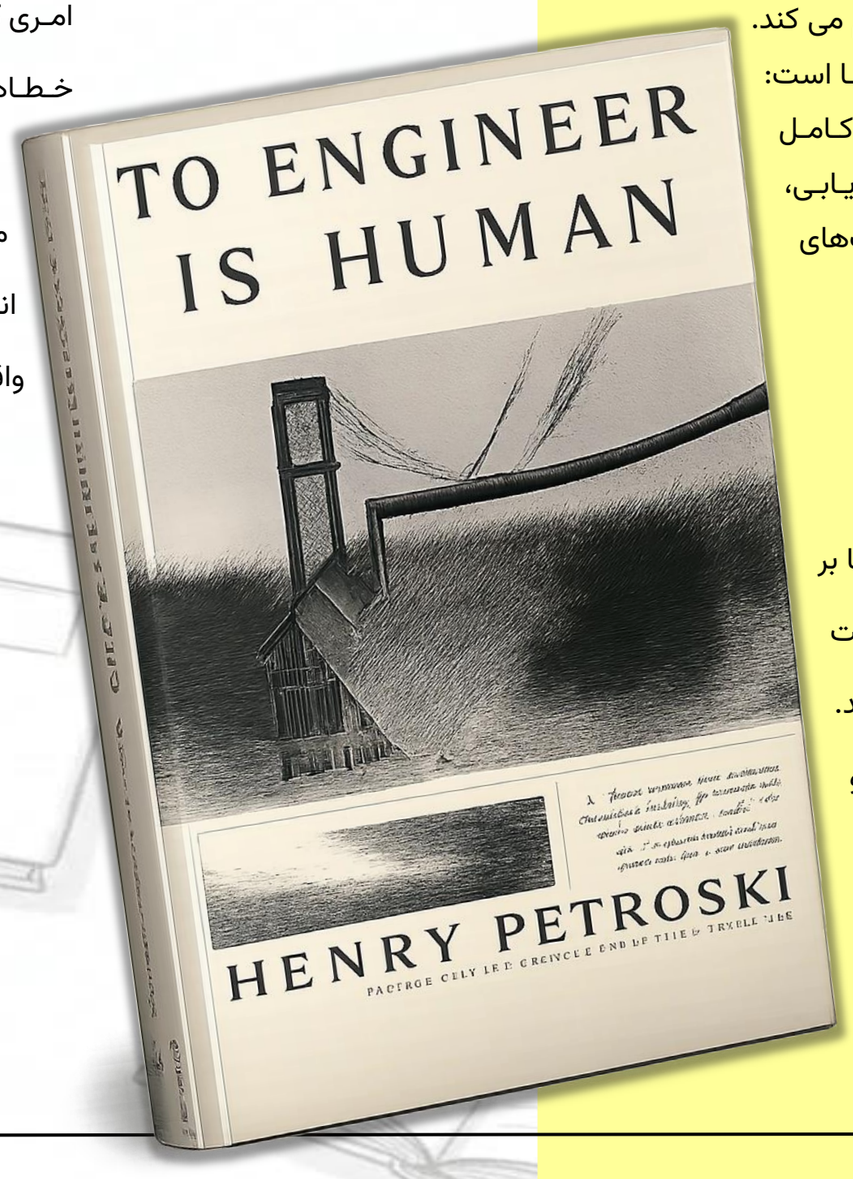
بخش ۱ چرا "To Engineer Is Human" اهمیت دارد؟

هنری پتروسکی، مهندس برجسته و نویسنده نام‌آشنا، در این کتاب با زبانی شیوا و بهره‌گیری از نمونه‌های تاریخی متعدد از فرو ریختن پل‌های مشهور تا حوادث صنعتی نشان می‌دهد که:

- شکست، آموزگار حقیقی است: بسیاری از طراحی‌های موفق، حاصل درس‌آموزی از شکست‌های پیشین هستند. هر خطا یا نقص فنی، فرصتی ارزشمند برای فهم عمیق‌تر قوانین طبیعت و بهبود طرح‌های آینده فراهم می کند.
- مهندسی، فرآیندی مبتنی بر آزمون و خطا است: هیچ طرحی در نخستین مرحله کامل نیست. مهندسان همواره در حال ارزیابی، اصلاح و تطبیق ایده‌های خود با واقعیت‌های فیزیکی، اقتصادی و انسانی‌اند.

بخش ۲ اهمیت درک "چرا":

پتروسکی تأکید می‌کند که مهندسان نباید تنها بر «چگونه ساختن» تمرکز کنند، بلکه لازم است «چراییِ» هر انتخاب طراحی را عمیقاً درک کنند. چنین درکی، کلید پیشگیری از تکرار خطاها و گامی اساسی در شکل گیری تصمیم‌های دقیق‌تر مهندسی است.



بخش ۳ رابطه انسان و مهندسی:

عنوان کتاب به خوبی نشان می‌دهد که مهندسی، پیش از آنکه یک فعالیت فنی باشد، امری کاملاً انسانی است. انسان‌ها با تمام خطاها، محدودیت‌ها و تجربه‌هایشان در مرکز این فرآیند قرار دارند. هیچ مهندسی از ابتدا بی‌نقص نیست و انتظار طراحی کامل در نخستین تلاش، واقع‌بینانه به نظر نمی‌رسد.

بخش ۴ فرهنگِ پذیرشِ شکست:

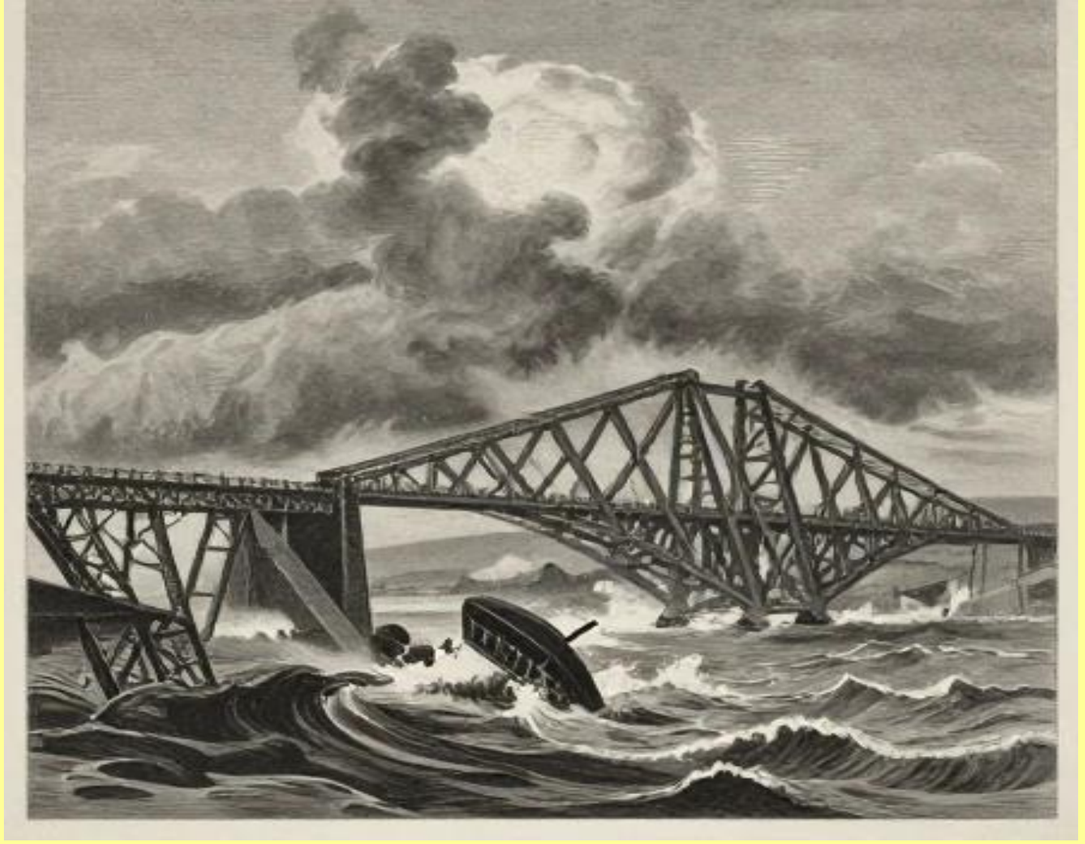
بخش مهمی از کتاب به این می‌پردازد که چگونه فرهنگِ غالباً کمال‌گرای مهندسی می‌تواند مانعی برای پذیرش شفاف خطاها و یادگیری از آن‌ها باشد. پتروسکی توضیح می‌دهد که پنهان‌سازی علل شکست، روند انتقال تجربه را مختل می‌کند و احتمال تکرار فجایع مشابه را افزایش می‌دهد.

او تأکید می‌کند که مهندسان باید به جای سرزنش افراد، بر تحلیل سیستماتیک ریشه‌های شکست تمرکز کنند و محیطی امن برای گزارش خطاها و ریسک‌های بالقوه ایجاد نمایند.

بخش ۵ شکست به مثابه داده‌های ارزشمند:

پتروسکی بر این باور است که هر شکست چه فروریختن یک پل، چه سقوط یک هواپیما و چه بروز یک باگ مرگبار در یک نرم‌افزار—منبعی ارزشمند از داده‌ها را در اختیار مهندسان قرار می‌دهد. این داده‌ها، که از دلِ آزمون سختِ واقعیت حاصل می‌شوند، به‌مراتب گویاتر و آموزنده‌تر از هر تحلیل نظریِ اولیه‌اند.

او در این زمینه به نمونه‌ی مشهور پل «کوبین الیزابت» (Quebec Bridge) اشاره می‌کند؛ سازه‌ای که طراحی آن بیش از سی سال به طول انجامید و در مراحل مختلف ساخت، دو بار به‌دلیل خطاهای طراحی و محاسباتی فرو ریخت و جان ده‌ها نفر را گرفت. با وجود تلخیِ این فاجعه، درس‌های مهمی درباره‌ی پایداری سازه‌های عظیم و خطرات ناشی از محاسبه نادرست تنش‌ها برای جامعه مهندسی به همراه داشت.



بخش ۶ تفاوت خطا (Error) و شکست (Failure):

پتروسکی میان «خطا» و «شکست» تمایزی مهم قائل می‌شود. از نگاه او، خطا به اشتباه یا نقصی در فرآیند طراحی یا ساخت اشاره دارد، در حالی‌که شکست پیامدی است که هنگام مواجهه سازه یا سیستم با بارها و شرایط واقعی چه پیش‌بینی‌شده و چه پیش‌بینی‌نشده رخ می‌دهد. او تأکید می‌کند که وقوع خطا تا حدی اجتناب‌ناپذیر است، اما تحلیل و درک شکست‌ها می‌تواند به فرایند یادگیری مهندسی و بهبود طراحی‌ها منجر شود.

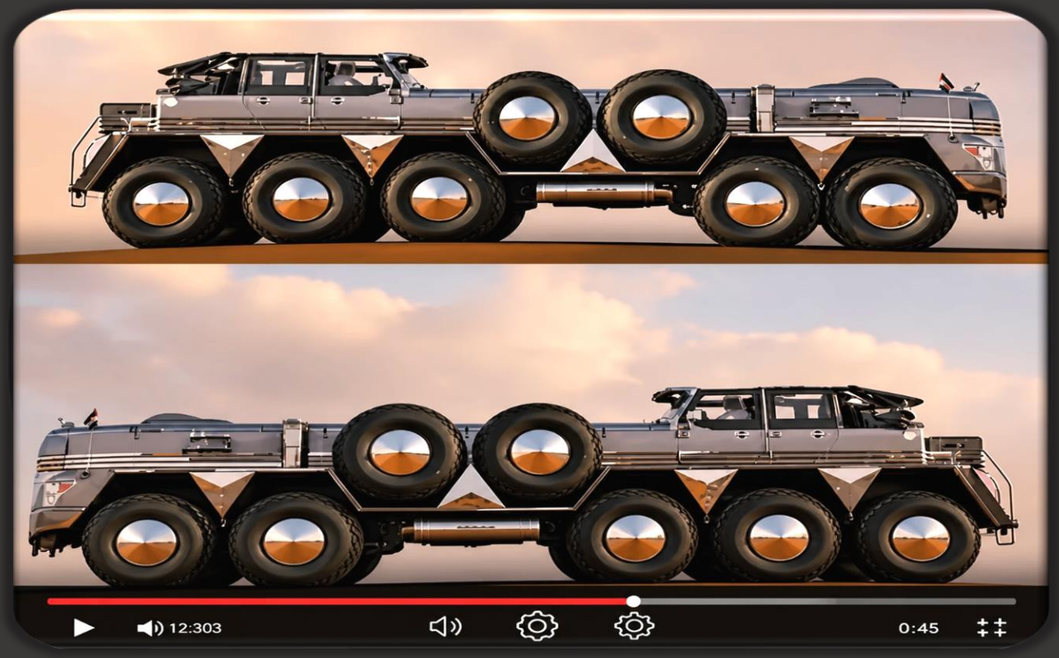
پتروسکی در این زمینه به نمونه تاریخی فاجعه پل «تِی» (Tay Bridge Disaster) در سال ۱۸۷۹ اشاره می‌کند؛ جایی که طوفانی شدید موجب فرو ریختن بخشی از پل شد. بررسی‌های بعدی نشان داد که افزون بر خطاهای محاسباتی در مرحله طراحی، عواملی مانند نگهداری نامناسب سازه و برآورد نادرست نیروهای باد نیز در وقوع این حادثه نقش داشته‌اند. این رویداد به یکی از نمونه‌های مهم در تاریخ مهندسی تبدیل شد و درس‌های ارزشمندی درباره طراحی سازه‌های مقاوم در برابر باد به همراه داشت.

بخش ۷ انسان بودن در مهندسی:

نام کتاب "To Engineer Is Human" به‌معنای «مهندس بودن یعنی انسان بودن»، همان کلیدواژه‌ی اصلی اندیشه‌ی پتروسکی است. او یادآور می‌شود که مهندسان موجوداتی بی‌نقص نیستند؛ آن‌ها تحت فشار زمان، محدودیت‌های مالی و پیچیدگی‌های پیش‌بینی‌ناپذیر پروژه‌ها فعالیت می‌کنند. در نتیجه، طراحی‌ها و سازه‌هایی که خلق می‌کنند، بازتابی از همین شرایط انسانی است.

این رویکرد، مهندسی را از یک علم صرفاً نظری و انتزاعی، به «هنری کاربردی» و «کنشی انسانی» تبدیل می‌کند؛ کنشی که نیازمند همدلی، هوش هیجانی و درکی عمیق از محدودیت‌های فردی و جمعی در فرآیند طراحی و ساخت است.

معرفی پادکست



پادکست امروز درباره عجیب ترین خودروی آفرود تاریخ است؛ خودرویی ۱۰ چرخه که توسط یک کلکسیونر اماراتی با نام مستعار «شیخ رنگین‌کمان» ساخته شده. این مرد ۶۳ ساله، با نام اصلی شیخ حمد بن همدان آل نهیان، ماجراجویی‌های آفرودی را بخش مهمی از زندگی خود می‌داند. او این هیولای ۱۰ چرخه را با ترکیبی از چند خودرو ساخته و نامش را «ظبیان» گذاشته؛ خودرویی عظیم با طول بیش از ۱۰ متر، عرض ۲.۵ متر، ارتفاع حدود ۳.۳ متر و وزن ۲۴ تن.

اسکن کنید

چای با طعم آچار - شیخ رنگین کمان

در این برنامه به معرفی یکی
از عجیب ترین و خاص ترین خودروهای سفارشی
جهان می‌پردازیم؛ یک خودروی آفرود ۱۰ چرخ که به سفارش
یکی از شیوخ امارات متحده عربی ساخته شده است. این خودرو
بر پایه پلتفرم نظامی Oshkosh M1075 طراحی و ساخته شده و ابعادی
چشمگیر دارد؛ حدود ۱۰ متر طول و ۲.۵ متر عرض. قلب تپنده این غول بیابانی،
یک پیشرانه ۱۵.۲ لیتری دیزل کاترپیلار است که توان تولید ۶۰۰ اسب‌بخار قدرت
را دارد؛ مشخصاتی که آن را به یک خودروی منحصربه‌فرد در کلاس خود تبدیل
می‌کند. در ساخت این پروژه خاص، از قطعات چندین خودرو مختلف
استفاده شده است. بخش هایی از بدنه و طراحی از جیپ رانگلر
آنلیمیتد الهام گرفته شده، چراغ‌های جلو متعلق به
فورد سوپر دیوتی هستند و برخی اجزای

عقب و سیستم روشنایی از دوج دارت تأمین شده‌اند. ترکیب این قطعات، هویتی
منحصربه‌فرد و ظاهری کاملاً متمایز برای این خودرو ایجاد کرده است. مالک این
خودروی خاص، شیخی است که با لقب «شیخ رنگین‌کمان» شناخته می‌شود.
این لقب به مراسم عروسی او باز می‌گردد؛ جایی که مجموعه‌ای از
خودروهای مرسدس‌بنز در رنگ های مختلف را به صورت هماهنگ و نمادین به نمایش
گذاشته بود. این پروژه، نمونه‌ای شاخص از دنیای خودروهای سفارشی و کلکسیون‌های
خاص در خاورمیانه است؛ جایی که خلاقیت، سرمایه و علاقه به خودرو، گاه به خلق
سازه‌هایی فراتر از تصور منجر می‌شود.

مکانیک نیوز

ربات‌های انسان‌نمای چینی در نیمه ماراتن پکن پیشرفت چشمگیری نشان دادند؛ تعدادشان از ۲۰ به بیش از ۱۰۰ رسید و برخی حتی سریع‌تر از دوندگان حرفه‌ای بودند.

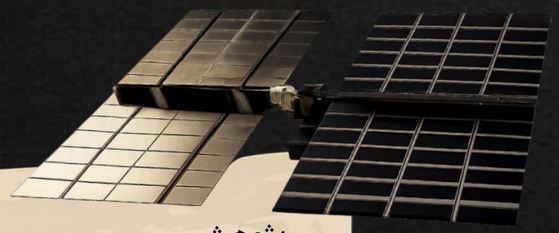
ربات برنده مسابقه را در ۵۰ دقیقه و ۲۶ ثانیه تمام کرد که از رکورد جهانی انسان‌ها هم سریع‌تر بود، هرچند نزدیک پایان به کمک نیاز داشت.

این پیشرفت‌ها نشان‌دهنده تلاش چین برای رهبری صنعت ربات‌های انسان‌نما و کاربردهای آینده آنها در کارهای خطرناک و حتی نظامی است.

ناسا ماموریت «آرتمیس ۲» را آغاز کرده که پس از ۵۳ سال، اولین پرتاب انسان به ماه است و با موشک SLS و کپسول اوریون انجام می‌شود.

این ماموریت تقریباً ۱۰ روز طول می‌کشد، شامل چرخش به دور ماه بدون توقف، و خدمه متنوع از لحاظ جنسیت، نژاد و ملیت دارد.

پرتاب قبلاً به دلیل مشکلات فنی و نشت سوخت به تعویق افتاده ولی حالا آماده است و ناسا تا پایان آوریل فرصت دارد آن را اجرا کند.



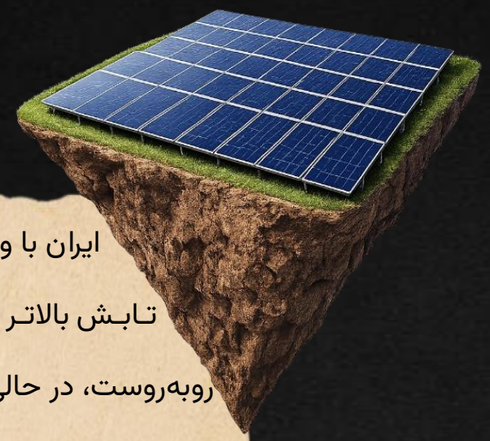
پژوهش جدید نشان می‌دهد نیروگاه‌های خورشیدی مداری چین می‌توانند علاوه بر انتقال انرژی، برای کارکردهای دفاعی مانند ارتباطات، ناوبری و جنگ الکترونیک نیز به‌کار گرفته شوند.

این سامانه بر پرتوهای مایکروویو بسیار دقیق تکیه دارد که هم برای انتقال انرژی و هم برای ایجاد اختلال یا ایمن‌سازی سیگنال‌ها قابل استفاده‌اند.

مریخ نورد کنجکاوی بیش از ۲۰ مولکول آلی مهم including مولکول‌های حاوی نیتروژن و گوگرد که از عناصر سازنده حیات‌اند—در سنگ‌های قدیمی مریخ شناسایی کرده است.

این مواد احتمالاً از کربن ماکرومولکولی پیچیده و باستانی مشتق شده‌اند و نشان می‌دهند که مواد آلی در مریخ بهتر از انتظار در طول میلیاردها سال حفظ شده‌اند.

نتایج این آزمایش مسیر را برای ماموریت‌های آینده تشخیص حیات باز می‌کند و ثابت می‌کند که امکان کشف نشانه‌های زیستی احتمالی در زیرسطح مریخ وجود دارد.



ایران با وجود ظرفیت بسیار بالای انرژی خورشیدی (۲۸۰ روز آفتابی و تابش بالاتر از میانگین جهانی) همچنان با مشکل ناترازی انرژی روبه‌روست، در حالی که بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند این چالش را کاهش دهد.

استان مرکزی یکی از بهترین مناطق برای توسعه انرژی خورشیدی است و تفاهم‌نامه‌ای برای ایجاد ۵۰۰۰ مگاوات نیروگاه خورشیدی طی سه سال در این استان امضا شده است.

در سال نخست، مدیران استان متعهد شدند با استفاده از ظرفیت‌های موجود مسیر توسعه خورشیدی را پیش ببرند و اکنون پس از یک سال، بررسی دستاوردهای این میثاق‌نامه اهمیت دارد.

عباس علی‌آبادی؛ چهره‌ای اثرگذار در صنعت نیرو و انرژی ایران

مهندس عباس علی‌آبادی از مهندسان مکانیک شناخته‌شده ایران است. وی فارغ‌التحصیل رشته مهندسی مکانیک، گرایش تبدیل انرژی بوده و مدرک دکتری خود را در گرایش کنترل از دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی دریافت کرده است. علی‌آبادی از جمله مهندسانی به شمار می‌رود که فعالیت حرفه‌ای خود را در داخل کشور ادامه داده و در زمره چهره‌های برجسته این حوزه محسوب می‌شود.

علی‌آبادی در حال حاضر مدیرعامل گروه مپنا و همچنین وزیر نیرو است. از مهم‌ترین سوابق کاری او می‌توان به مشارکت در اجرا و مدیریت پروژه‌های نیروگاهی از جمله کرخه و کارون ۳ اشاره کرد. همچنین در کارنامه کاری وی موضوعاتی مانند توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر، اصلاح سازوکار قیمت‌گذاری برق و پیگیری تکمیل نیروگاه‌های نیمه‌تمام دیده می‌شود.

اسپیس‌ایکس با فرود موفق مرحله اول موشک فالکون ۹ به رکورد ۶۰۰ فرود موفق موشک‌های مدارپیمای خود رسید.

در این مأموریت، فالکون ۹ ۲۵ ماهواره استارلینک را به مدار پایین زمین برد و سپس تقویت‌کننده B1097 روی سکوی شناور فرود آمد.

این پرتاب، ۴۷اُمین پرتاب فالکون ۹ در سال جاری و ۶۳۰اُمین پرتاب کلی این خانواده موشک‌ها بود.

یک شرکت دانش‌بنیان ایرانی کاتالیست نانویی ویژه موتور TU5 را تولید کرده که با ساختار نانومتری و کاهش مصرف فلزات گران‌بها، آلایندگی را به‌طور چشمگیری کم می‌کند.

این کاتالیست برای خودروی پژو ۲۰۷ با همکاری ایران‌خودرو توسعه یافته و همه تست‌ها و گواهی‌های فنی را با موفقیت پشت سر گذاشته است.

کاهش مصرف فلزات گران‌بها در این فرمولاسیون باعث صرفه‌جویی حدود ۵۰۰ هزار دلار در هر بچ تولید می‌شود.

سخن مدیرمسئول

خوانندگان گرامی،

با افتخار دومین شماره از نشریه علمی– دانشجویی «کارنو» را تقدیم حضور شما می‌کنیم؛ نشریه‌ای که نام آن، الهام‌گرفته از اندیشه‌های ماندگار نیکولا لئونار سادی کارنو است و در عین حال، تداعی‌کننده «کارِ نو» و حرکت به سوی افق‌های تازه در مهندسی مکانیک می‌باشد. در جهانی که هر روز با شتابی فزاینده در حال تحول است، رسالت ما آن است که بستری پویا برای آشنایی دانشجویان با مفاهیم نو، فناوری‌های به‌روز و رویکردهای خلاقانه فراهم آوریم. باور ما این است که پیشرفت، نه در سکون، بلکه در حرکت و تلاش مستمر معنا پیدا می‌کند؛ همان‌گونه که سعدی شیرازی می‌فرماید:

به راه بادیه رفتن به از نشستن باطل وگر مراد نیابم به قدر وسع بکوشم.

از این منظر، نشریه «کارنو» تلاشی است در جهت ایجاد فضایی برای تبادل اندیشه، پرورش خلاقیت و تقویت روحیه جست‌وجوگری در میان دانشجویان. در این شماره نیز کوشیده‌ایم مجموعه‌ای از مطالب علمی، کاربردی و نوآورانه را گردآوری کنیم تا گامی هرچند کوچک در مسیر ارتقای دانش و بینش مهندسی برداشته باشیم. بی‌تردید، پویایی این مسیر در گرو همراهی و مشارکت شماست و امید داریم با تداوم این هم‌افزایی، بتوانیم سهمی مؤثر در شکل‌گیری آینده‌ای روشن‌تر برای جامعه مهندسی ایفا کنیم.

دکتر مجتبی باغبان

مدیرمسئول نشریه کارنو

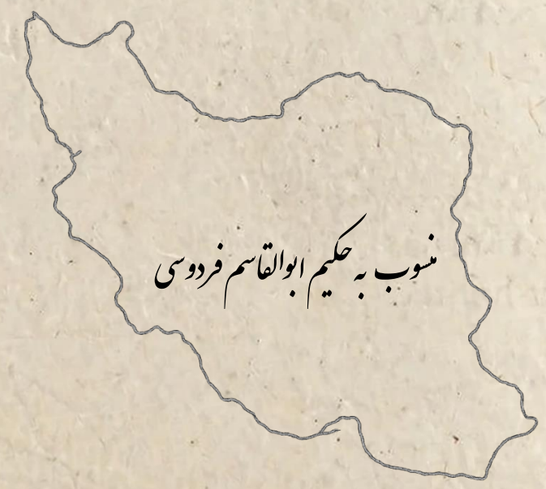
چو ایران نباشد تن من مباد
در این بوم و بر زنده یک تن مباد

همه روی یکسر بجنگ آوریم
جهان بر بداندیش تنگ آوریم

همه سربسر تن به کشتن دهیم
به از آنکه کشور به دشمن دهیم

چنین گفت موبد که مرد بنام
به از زنده دشمن بر او شاد کام

اگر کُشت خواهد تو را روزگار
چه نیکو تر از مرگ در کار زار



منسوب به حکیم ابوالقاسم فردوسی

در میان تمام فرمول‌ها، محاسبات و دنیای بی‌پایان مهندسی، لحظاتی هست که انسان را به سکوت وامی‌دارد؛ لحظاتی که عدد و معادله تاب روایت آن را ندارند.

لحظاتی که نام یک *کودک*، صدای خنده‌های کوتاه شده‌اش، و دفترِ نیمه‌تمامِ مدرسه‌اش، معنای تازه‌ای به واژه‌ی «زندگی» می‌دهد.

این شماره از کارنو را با یاد و احترام به کودکانی به پایان می‌بریم که در هیاهوی جنگ‌ها و درگیری‌هایی که هرگز در ساختنشان نقشی نداشتند، جانشان را از دست دادند؛ کودکانی که تنها رؤیا داشتند، نه دشمنی. کودکانی که در کلاس درس نشسته بودند، در حال نوشتن آینده‌شان، و ناگهان صدای انفجاری که هیچ معنایی برایشان نداشت، همه چیز را خاموش کرد.

همچنین سر تعظیم فرود می‌آوریم در برابر مردمی که برای امنیت، آرامش و فردای سرزمینشان ایستادند و جان باختند؛ و در برابر نیروهایی که وظیفه‌شان تنها یک چیز بود:

محافظت از خاک، خانه‌ها، و خانواده‌هایی که چشم‌انتظارشان ماندند.

مرگ این عزیزان نه یک آمار است، نه یک تیتر خبری؛

یک جای خالی است در قلب یک مادر، یک پدر، یک شهر...

و یادآور این حقیقت که *صلح* بزرگ‌ترین نیاز بشر است، و *انسانیت*

ارزشمندترین دارایی ما.

امید که روزی برسد که هیچ کودکی صدای جنگ را نشناسد،

هیچ مادری چشم‌انتظار نماند،

و هیچ سرزمینی بهای سنگین اختلاف‌ها را نپردازد.

روحشان آرام، یادشان روشن، و راهشان گرامی.

میتاب 168

IRAN
CARNO
NO. 2 | SPRING 2026