

انرژی

انجمن انرژی
پیشرو در کارآفرینی

هوش مصنوعی و انقلاب در صنعت انرژی

توربین های بادی، دانشگاه سبز

رشته مهندسی شیمی و انرژی

گاهنامه انجمن علمی دانشجویی بین رشته‌ای انرژی دانشگاه تبریز
سال اول، شماره اول، اسفند ۱۴۰۱، قیمت ۳۵۰۰۰ تومان



«إِنَّ اللّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ ذَلِكُمُ اللّهُ فَأَنَّى تُؤْفَكُونَ»

همانا خداوند آفریدگار دانه و هسته است، زنده را از مرده بیرون می آورد و مرده را از زنده بیرون می آورد، آن خداست، پس چگونه گم می شوید؟



شناسنامه نشریه

صاحب امتیاز:
انجمن علمی دانشجویی انرژی دانشگاه تبریز

استاد مشاور:
جناب آقای دکتر فرامرز رنجبر - جناب آقای دکتر معلمی

مدیر مسئول:
مهندس آرش نوربخش سعدآباد A_nourbakhsh@tabrizu.ac.ir

سردبیر:
مهندس مهدی نامی خلیله‌ده Mahdinami1400@ms.tabrizu.ac.ir

مدیرداخلی:
مهندس سیدامیررضا عبداللهی s.a_abdollahi@yahoo.com

ویراستار و ناظر کیفی:
مهندس آرش نوربخش سعدآباد

طراح و صفحه آرا:
مهندس سینا جداری خوشباف

هیئت تحریریه:
دکتر محمدتقی شروانی‌تبار، دکتر سیدفرامرز رنجبر، کریم اخوان، آرش نوربخش سعداباد، مهدی نامی خلیله‌ده، سیدامیررضا عبداللهی، سنا فتاحی، مریم نامور، سعید میرزایی، فائزه خوشخوی، سیامک سیفی.

پل‌های ارتباطی:
۱-ایمیل نشریه energyjournal۲۰۲۳@gmail.com
۲-دبیرخانه نشریه: دانشگاه تبریز، مرکز رشد و فناوری دانشگاه، ساختمان رشد فناوری، طبقه ۲، واحد اس ۵

فهرست

سخن سردبیر ۵

انجمن علمی دانشجویی انرژی ۶

پیشنهاد سیستم ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی خورشیدی به صورت گاز هیدروژن ۷

کاویتاسیون ۱۰

توربین‌های بادی ۱۴

بررسی تجربی و پردازش تصویری برای اندازه‌گیری توزیع چگالی ۱۷

دانشگاه سبز ۲۲

مروری بر کتاب گذار انرژی ۲۳

هوش مصنوعی و انقلابی در صنعت انرژی ۲۵

نقش رشته مهندسی‌شیمی در تحلیل مسائل مربوط به انرژی ۲۶

سخن سردبیر

مهدی نامی

به امید او که جزاو هر امیدی باطل است

باسلام خدمت همراهان نشریه انرژی

در برهه‌ی زمانی حساسی همچون وضع فعلی کشورمان، چه از نظر اقتصاد مقاومتی و چه از نظر سرعت بی‌نظیر پیشرفت علمی، به عنوان یک دانشجوی رشته فنی وظیفه خود و دیگر دانشجویان میدانم تا از کوچکترین تلاش برای تسریع روند صعودی کشورمان در زمینه‌های علمی، صنعتی و فرهنگی دریغ نکنیم. امید است تلاش‌های ارزشمند دانشجویان کشورمان، مورد توجه مسئولان دانشگاهی و کشوری قرار گیرد، تا زمینه پیشرفت روزافزون ایرانمان فراهم گردد.

گاهنامه پیش رو، حاصل زحمات فکری دانشجویان مقاطع مختلف تحصیلی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز می باشد که علی‌رغم وجود دشواری‌ها و موانع گوناگون، اولین شماره این مجله را که شامل چکیده‌ای از مطالب علمی روز دنیا، خلاصه‌ای از پروژه‌های برتر دانشجویان دوره کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری است.

بدیهی است که هر مطلب علمی دارای نواقص و ایرادات اجتناب ناپذیری می‌باشد. امید است مخاطبین و خوانندگان این شماره، کاستی ها را با هیئت تحریریه مجله در میان بگذارند تا در شماره‌های آتی، از این اشکالات جلوگیری شود.

در پایان از مسئولان اجرایی دانشگاه و معاون محترم فرهنگی و اجتماعی، نهایت تشکر را بدلیل همکاری و یاری رسانی مادی و معنوی ایشان در فرآیند چاپ مجله را دارم.



انجمن علمی دانشجویی انرژی

آرش نوربخش سعدآباد
دبیر انجمن انرژی و مدیرمسئول نشریه

انجمن علمی، نمود پویایی دانشجویان است.

انجمن علمی دانشجویی مکانی است برای تمرین داوطلبانه فعالیت‌های علمی در قالب کارگروهی، دانشجویان با اهداف علمی و تخصصی گرد هم می‌آیند و با فعالیت در انجمن‌های علمی ضمن ترویج و تعمیق فضای علمی در دانشگاه‌ها، زمینه رشد خود را نیز فراهم می‌آورند.

انجمن انرژی دانشگاه تبریز برای پر کردن خلا محسوس وجود یک انجمن بین رشته‌ای در مهم‌ترین مبحث مهندسی یعنی انرژی شروع به کار کرد و در مدت زمان کوتاهی که مشغول به فعالیت بوده، توانسته است افتخارات بسیاری راکسب کند و به وظیفه‌ی خود به عنوان رابطی بین رشته‌هایی که با انرژی سر و کار دارند عمل نماید. شورای مرکزی این انجمن از بین دانشجویان رشته‌های مکانیک، برق، معماری و ... هستند. فعالیت‌های این انجمن به صورت ترکیبی از دانشجویان رشته‌های مختلف انجام می‌شود. انجمن انرژی محور فعالیت خود را بیشتر بر روی انرژی‌های تجدیدپذیر، بهینه‌سازی انرژی برای واحدهای صنعتی در مقیاس‌های بزرگ و کوچک، انرژی پایدار و پایداری انرژی و ... متمرکز کرده است.

فعالیت یا حتی حضور در این انجمن کارکردهاي پنهان و آشکاري دارد که باعث تقویت شخصیت علمی و اجتماعی اعضا می‌شود. از جمله ایجاد اعتماد به نفس، نظم، تبادل اندیشه، مهارت‌هاي کارگروهی و زمینه‌هاي اشتغال و ... . این‌ها همه گوشه‌اي از کارکردهاي پنهان می‌باشند که با در نظر گرفتن کارکردهاي آشکار از جمله بازدیدهاي علمی، معارفه رشته، سمینار، همایش‌ها، بازدیدها و تالیف‌ها و ترجمه‌ها می‌توان به اهمیت این تشکل پی‌برد.

اهداف انجمن علمی - دانشجویی انرژی

اهداف انجمن علمی - دانشجویی انرژی

* کسب مقام در جشنواره حرکت
* برگزاری همایش و کنفرانس
* برگزاری کلاس های آموزشی
* بازدیدهای علمی و برگزاری کارگاه‌های علمی
* انتشار نشریه
* تالیف کتاب



افتخارات انجمن علمی - دانشجویی انرژی

افتخارات انجمن علمی دانشجویی انرژی

* انجمن برگزیده بخش کتاب و بخش ترویج اقتصاد مقاومتی در دهمین جشنواره حرکت دانشگاه تبریز
* انجمن برگزیده بخش کتاب در یازدهمین جشنواره حرکت دانشگاه تبریز
* انجمن برگزیده بخش کتاب در دهمین جشنواره ملی حرکت
* انجمن برگزیده بخش کتاب در یازدهمین جشنواره ملی حرکت
* انجمن برگزیده در حوزه کارآفرینی و اختراع در شانزدهمین جشنواره حرکت

برای همکاری، انتقادات و پیشنهادات در همه امور انجمن می‌توانید با آدرس ایمیل انجمن در ارتباط باشید. امیداست با همکاری و یاری همه عزیزان درخشش‌های انجمن انرژی دانشگاه تبریز ادامه دار باشد.





پیشنهاد سیستم ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی خورشیدی به صورت گاز هیدروژن

آرش نوربخش سعداباد[۱]، مهدی نامی خلیله ده[۲]، سیدفرامرز رنجبر[۳]
۱-دانشجوی دکتری، مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
A_nourbakhsh@tabrizu.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
Mahdinami1400@ms.tabrizu.ac.ir
۳- استاد، مکانیک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران،
S.ranjbar@tabrizu.ac.ir

چکیده

استفاده از الکترولایزر آب بوسیله انرژی‌های تجدید پذیر برای تولید گاز هیدروژن در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است، زیرا در این روش گاز هیدروژن و اکسیژن بدون هیچ گونه آلایندگی از آب جدا می‌شوند، در این پژوهش الکترولایزر غشاء پروتونی به منظور استفاده در سیستم جداسازی آب مورد مطالعه و بهینه سازی قرار گرفته است. نوآوری این پژوهش پیشنهاد سیستمی به منظور ذخیره انرژی الکتریکی بدست آمده از خورشید به شکل گاز هیدروژن است. در این پژوهش از نرم افزارهای Matlab ، Meteonorm و PVsyst به منظور شبیه سازی رفتار الکترولایزر و فتوولتاییک استفاده شده است. ظرفیت الکترولایزر بهینه شده ۵۵۰ کیلوگرم بر ساعت گاز هیدروژن و ۴۳۸ کیلوگرم گاز هیدروژن بوده در حالی که ۶۰۰۰ کیلو وات توان مورد نیاز کل مجموعه است.

واژه‌های کلیدی

انرژی پایدار، الکترولایزر غشاء پروتونی، جداسازی هیدروژن، انرژی تجدید پذیر، سوخت سبز

مقدمه

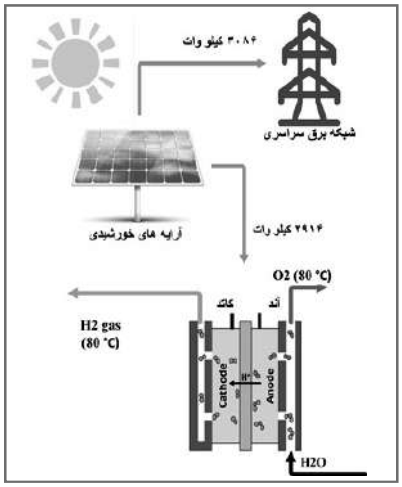
هیدروژن به عنوان سوخت در نیروگاه‌ها، صنعت خوردو و ماده اولیه در صنایع مختلفی چون تولید شیشه‌های نشکن، انواع استیل‌ها استفاده می‌شود، با توجه به روش های جداسازی مختلف تولید هیدروژن، روش‌هایی که بر پایه استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر باشند و خروجی کربن صفر داشته باشند در سال‌ها اخیر مورد توجه بوده است[۲],[۱]. استفاده از انرژی خورشیدی برای تامین برق از روش‌های پایدار و سازگار با محیط زیست است اما امکان ذخیره برق تولید از مشکلات و محدودیت های این روش است [۳].

الکترولیز آب برای تولید هیدروژن در پژوهش های بسیاری بررسی شده است ولی ترکیب آن با واحدهای تامین توان از منابع تجدید پذیر و همچنین مایع سازی هیدروژن از موضوعاتی است که کم‌تر مورد توجه بوده و در این پژوهش نیز بررسی می‌شود. نوری و همکاران [٤] چرخه‌ای برای تبدیل توان تولیدی به هیدروژن مایع و دی‌اکسیدکربن پیشنهاد کردند. چرخهٔ پیشنهادی شامل پنج زیر سیستم بود که شامل سیستم‌های تولید توان فتوولتایی، الکترولایزر جداسازی هیدروژن و اکسیژن از آب، چرخهٔ سرمایش جذبی برای مایع سازی دی-اکسیدکربن، واحد تولید کنندهٔ توان با سوخت اکسیژن و چرخهٔ مایع سازی هیدروژن بودند. چرخهٔ پیشنهادی دارای ظرفیت۳/۳ کیلوگرم بر ثانیه هیدروژن مایع و ۱۰کیلوگرم بر ثانیه کربن‌دی‌اکسید بود. بازدهی اگزرژی چرخه ۹۵ درصد و مصرف ویژهٔ انرژی آن ۳/۳۵۹ بود. رنجبر و همکاران [٦] استفاده از چرخه ماتیانت و چرخه رانکین آلی با مبدّل غشاء پروتونی برای تولید همزمان توان و هیدروژن را بررسی کردند. از سیال کاری R123 در چرخهٔ رانکین استفاده شد. چرخه رانکین آلی توان مورد نیاز الکترولایزر برای واکنش شیمیایی را تامین می‌کرد و آب با دمای محیط وارد مبادله‌کننده گرمایی می‌شد و دمای آن را به دمای الکترولایزر می‌رساند. هیدروژن تولیدی پس از ترک کاتد دمایش را به محیط می‌داد و با محیط هم‌دما می‌شد. الکترولایزر، توان، حرارت و آب را به هیدروژن و اکسیژن تبدیل می‌کرد. یکی از کاربرد اصلی استفاده از الکترولایزر برای تولید هیدروژن با استفاده از برق خورشیدی، به منظور تبدیل توان انرژی تجدید پذیر خورشید به شکل هیدروژن برای امکان پذیر نمودن ذخیره سازی و انتقال برق خورشیدی است، بعلاوه این فرآیند کاملا سازگار با محیط زیست است[٦], [٧].

نوآوری این پژوهش تولید هیدروژن با استفاده از برق خورشیدی و بدون هیچ گونه آلایندگی به منظور تبدیل انرژی برق خورشیدی به گاز هیدروژن برای ذخیره سازی است. در واقع انرژی الکتریکی خورشیدی در قالب گاز هیدروژن ذخیره می‌شود. در چرخهٔ پیشنهادی از توان انرژی خورشیدی برای الکترولیز آب استفاده شده است از آرایه‌های خورشیدی برای تامین برق و از الکترولایزر غشاء پروتونی برای جداسازی آب و تولید گاز هیدروژن استفاده شده است.

مبانی و روش‌ها

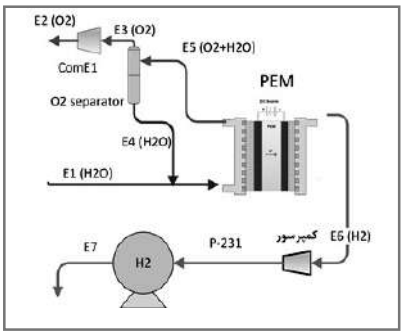
فرایند مورد بررسی شامل دو زیر سیستم می‌باشد: زیر سیستم تبدیل کنندهٔ نور خورشید به برق توسط سلول‌های خورشیدی و زیر سیستم الکترولایزر آب از نوع غشاء پروتونی در شکل ۱ سیستم مورد مطالعه نشان داده شده است. مجموعه‌ای از سلول‌های خورشیدی با استفاده از نور خورشید، برق تولید می‌کنند و برق تولیدی به دو بخش تبدیل می‌شود مقداری از آن به شبکه برق سراسری منتقل می‌شود و مقدار دیگر توان مورد نیاز واحد الکترولایزر را تامین می‌کند. واحد الکترولایزر، آب را الکترولیز کرده و هیدروژن را در دمای ۸۰ درجهٔ سلسیوس و فشار ۲۰۰۰ پاسکال تولید می‌کند. هیدروژن فشرده شده و به مخزن ذخیره منتقل می‌شود. از نرم افزارهای EES و MATLAB برای شبیه‌سازی سیستم الکترولایزر استفاده شده است بعلاوه از نرم افزارهای Meteonorm و PVsyst برای تعیین و مطالعه سیستم تولید برق خورشیدی برای سیستم مورد نظر استفاده شده است. در شکل ۱ شماتیک فرآیند پیشنهادی نشان داده شده است.



شکل ۱. شماتیک فرآیند ترکیبی پیشنهادی

برای تامین توان با ظرفیت ٦ مگاوات، از سیستم متصل به شبکه آرایه‌های خورشیدی استفاده شده است که شامل پنل‌های خورشیدی و واحدهای تبدیل‌کننده جریان برق مستقیم و متناوب است. مشخصات واحد تولید برق خورشیدی بر پایهٔ اطلاعات ارائه شده در کار نوری و همکاران[٤] طراحی شده است. از الکترولایزر نوع غشاء پروتونی برای جداسازی هیدروژن و اکسیژن از آب ورودی با استفاده از جریان برق مستقیم استفاده می‌شود. واحد الکترولیز غشاء پروتونی این پژوهش بر پایهٔ نتایج کار سید متین و همکاران[٨] در نظر گرفته شده است. ظرفیت تولید الکترولایزر ۵۵/۲۳ کیلوگرم برساعت گاز هیدروژن با دمای ۸۰ درجهٔ سلسیوس است. مطابق شکل ۲، جریان E1 که آب بوده وارد الکترولیز شده و پس از جداسازی جریان E٦ که هیدروژن است از الکترولیز خارج می‌شود. جریان خروجی دیگر از الکترولیز E۵ است که شامل اکسیژن و آب است، اکسیژن خروجی به سمت مخازن ذخیره یا دیگر فرآیندها می‌رود در حالی که آب دوباره وارد الکترولیز می‌شود. در شکل ۲ خطوط جریان پیشنهادی نشان داده شده است. در جدول ۱ مشخصات خطوط جریان نشان داده شده‌اند. سنجش اعتبار پژوهش حاضر بر پایهٔ مقایسه نتایج شبیه‌سازی بخش الکترولایزر با نتایج تجربی کاریووری و همکاران[۹] انجام شده است، مقایسه نتایج نشان دهندهٔ دقت مناسب شبیه‌سازی الکترولایزر در این پژوهش است. الکترولیز آب با استفاده از جریان برق مستقیم بین دو الکترود آند و کاتد انجام می‌شود که توسط یک غشاء از هم جدا شده‌اند. واکنش طبق رابطه زیر انجام می‌شود:

$$H_2O(liquid) + E_{electrical} \rightarrow H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \quad (1)$$



شکل ۲. خطوط جریان فرآیند جداسازی هیدروژن از آب.

نام جریان	دبی (کیلوگرم بر ثانیه)	دما (درجهٔ سلسیوس)	فشار (کیلو پاسکال)	انرژی (کیلووات)
E2(O2)	0,1218	80	101	29,06
E6(H2)	0,015	80	101	3 ,119
E4(H2O)	0,032	80	101	84,33

جدول ۱. مشخصات جریان‌های فرآیند مورد مطالعه.

انرژی الکتریکی مورد نیاز در الکترولایزر است. رابطه انرژی گیبس برای الکترولایزر در زیر آورده شده است[۱۰]:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (2)$$

اختلاف آنتالپی و اختلاف آنتروپی هستند. بر پایهٔ کار نامی و همکاران[۱۰] اتلافات در این پژوهش در بخش الکترولایزر در نظر گرفته نشده‌است. نرخ مولی جریان هیدروژن و جریان اکسیژن تولیدی در الکترولایزر غشاء پروتونی از رابطه زیر بدست می‌آید[۱۱]:

$$\dot{N}_{H_2,out} = \frac{J}{2F} = \dot{N}_{H_2O,reacted} \quad (2)$$

$$\dot{N}_{O_2,out} = \frac{J}{4F} \quad (3)$$

F ثابت فارادی و J چگالی جریان است. ولتاژ الکترولایزر طبق روابطه زیر بدست می‌آید.

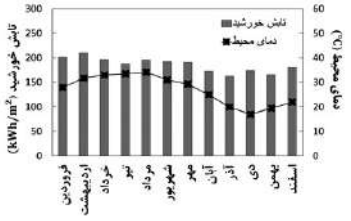
$$E_{el} = EX_{el} = JV \quad (4)$$

$$V = V_0 + V_{act,c} + V_{act,a} + V_{ohm} \quad (5)$$

انرژی ورودی و اگزرژی ورودی به الکترولایزر، پتانسیل معکوس که با استفاده از رابطه نرست و بر پایه کار نامی و همکارن[۱۱] بدست می‌آید. پتانسیل اضافهٔ فعال سازی کاتد، پتانسیل اضافهٔ فعال سازی آند و پتانسیل اهمی است.

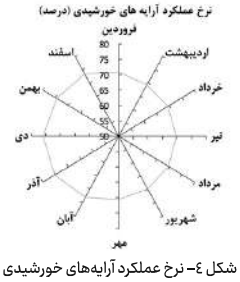
نتایج و بحث

در شکل ۳ مقدار میانگین تابش خورشید و دمای محیط در ماه‌های مختلف سال در شهر بندر عباس (شهر مورد نظر برای استقرار سیستم پیشنهادی) نمایش داده شده‌اند. در ماه اردیبهشت بیش‌ترین مقدار تابش و در آذر ماه کم ترین مقدار تابش مشاهده شده است، در حالی که بیش ترین دمای محیط در ماه تیر و کم ترین دما در دی ماه اتفاق افتاده است.



شکل ۳. دما محیط و نرخ تابش خورشید در ماه‌های سال.

نرخ عملکرد آرایه‌های خورشیدی برابر است با نسبت مقدار انرژی خروجی از سیستم نسبت به انرژی‌ای که سیستم در حالت مرجع می‌تواند تولید کند. در شکل ٤ نرخ عملکرد آرایه‌های خورشیدی در ماه‌های مختلف سال نشان داده شده‌اند. بهترین نرخ عملکرد در دی ماه و آذر ماه اتفاق می‌افتد.



شکل ٤– نرخ عملکرد آرایه‌های خورشیدی در ماه‌های مختلف.

مشخصات الکترولایزر غشاء پروتونی مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۲ آورده شده است. طراحی الکترولایزر مورد استفاده در این پژوهش بر پایه کار سید متین و همکاران[۸] انجام شده است و مشخصات بیش‌تر در این منابع موجود است.

مشخصه	مقدار
انرژی فعالسازی کاتد ($E_{act,c}$)	(kJ/mol)
	100 میکرومتر
J_a^{ref}	(A/m^2)170000
J_c^{ref}	(A/m^2)460000
ثابت فارادی (F)	(C /mol)
تولیدی در الکترولایزر	101 کیلوپاسکال
فشار جریان هیدروژن تولیدی در الکترولایزر	101 کیلوپاسکال
انرژی فعالسازی آند ($E_{act,a}$)	(kJ/mol)

جدول ۲. مشخصات الکترولایزر غشاء پروتونی شبیه‌سازی شده.

در جدول ۳ مشخصات چرخهٔ ترکیبی مورد بررسی در این پژوهش با کار نامی و همکاران[۱۱] مقایسه شده است. چرخهٔ پیشنهادی نامی و همکاران[۱۱] دارای فرآیندی ترکیبی شامل واحد تولید توان و الکترولایزر بوده که فاقد چرخهٔ مایع سازی هیدروژن بوده و گاز هیدروژن محصول آن بوده است و از توان تولید شدهٔ واحد رانکین آلی استفاده شده است. در حالی که در پژوهش حاضر هیدروژن خروجی به صورت مایع است و از توان تولید شده در واحد آرایه‌های خورشیدی استفاده شده است.

مشخصات سیستم	[11]	پژوهش حاضر
سیستم جداسازی هیدروژن	الکترولایزر غشاء پروتونی	الکترولایزر غشاء پروتونی
روش تامین برق مصرفی سیستم	چرخه رانکین آلی	آرایه‌های خورشیدی

جدول ۳- مقایسه عملکرد سیستم ترکیبی مورد استفاده در پژوهش حاضر و نامی و همکاران [۱۱]

نتیجه‌گیری

در این پژوهش استفاده از انرژی خورشیدی برای تولید الکتریسیته و ذخیره سازی آن به شکل گاز هیدروژن بررسی شده است. شهر بندرعباس بدلیل قابلیت تامین انرژی خورشیدی مناسب در فصول مختلف سال و تامین آب مورد نیاز برای الکترولیز و همچنین دسترسی به آب‌های آزاد، برای اجرای این سیستم در نظر گرفته شده است. از الکترولایزر غشاء پروتونی با ظرفیت تولید گاز ۱۲۱ گرم گاز اکسیژن و ۱۵ گرم گاز هیدروژن در دمای ۸۰ درجهٔ سلسیوس و از آرایه‌های خورشیدی از نوع تک کریستال سیلیکونی با زاویهٔ ۲۸ درجه و جهت‌گیری صفر درجه با قابلیت تولید ۶۰۰۰ کیلو وات استفاده شده است. بیست هزار ماژول از نوع تک کریستال سیلیکونی در ۱۸۱۹ ردیف ۱۱ تایی قرارداده شده‌اند. عملکرد سیستم پیشنهادی در ماه های مختلف سال بررسی شده است. توان مورد نیاز واحد الکترولایزر آن از واحد آرایه‌های خورشیدی تامین می‌شود و بعلاوه خروجی کربن فرآیند پیشنهادی در این پژوهش صفر است. برای اجرای فرآیند ترکیبی پیشنهادی بررسی و پیشنهاد شده است.

نمادها

علائم انگلیسی	
تخریب اگزرژی (kW)	I
انرژی آزاد گیبس (J /mol)	G
آنتالپی (kJ/kg)	H
دما (K)	T
کار محوری (kW)	W_{sh}
دبی مولی جریان هیدروژن (mol/s)	$\dot{N}_{H_2,out}$
دبی مولی جریان آب (mol/s)	$\dot{N}_{H_2O,reactd}$
چگالی جریان (A/m^2)	J
ثابت فارادی (C/mol)	F
دبی مولی جریان اکسیژن (mol/s)	$\dot{N}_{O_2,out}$
انرژی مصرفی در الکترولایزر (kW)	E_{el}
ولتاژ الکترولایزر (v)	V

منابع

[1] S. Faramarzi, S. M. M. Nainiyan, M. Mafi, and R. Ghasemiasl, "A novel hydrogen liquefaction process based on LNG cold energy and mixed refrigerant cycle," Int. J. Refrig., Jul. 2021, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2021.07.022.

[2] F. F. Faramarz Ranjbar, Arash Nourbakhsh Saadabad, Mahdi Nami Khaliledeh, Saman Faramarzi, "Simulation, analysis and optimization of a non-emission process producing power, hydrogen gas and liquid hydrogen using solar energy and PEM electrolysis," J. Mech. Eng., vol. 02, no. 04, pp. 2022 ,48–26.

[3] S. Faramarzi, S. M. Mousavi Nainiyan, M. Mafi, and R. Ghasemiasl, "Modification and optimization of an integrated hydrogen liquefaction process with an LNG regasification system," J. Mech. Eng., 2021, doi: 10.22034/jmeut.2021.44570.2842.

[4] M. Nouri, M. Miansari, and B. Ghorbani, "Exergy and economic analyses of a novel hybrid structure for simultaneous production of liquid hydrogen and carbon dioxide using photovoltaic and electrolyzer systems," J. Clean. Prod., vol. 259, p. 120862, Jun. 2020, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2020.120862.

[5] S. F. Ranjbar, H. Nami, A. Khorshid, and H. Mohammadpour, "Hydrogen production using waste heat recovery of MATIANT non-emission system via PEM electrolysis," Modares Mech. Eng., vol. 16, no. 10, pp. ,50–42 2017, Accessed: Aug. 2021 ,18. [Online]. Available: https://mme.modares.ac.ir/article-3305-15-en.html.

[6] R. Moradi and K. M. Groth, "Hydrogen storage and delivery: Review of the state of the art technologies and risk and reliability analysis," Int. J. Hydrogen Energy, vol. 44, no. 23, pp. 12269–12254, May 2019, doi: 10.1016/J.IJHYDENE.2019.03.041.

[7] S. Faramarzi, M. Mafi, SMM Nainiyan, and R. Ghasemiasl, "Modification of a fuel peak-shaving system in Shahid Mofateh power plant,"ISME, 2021.

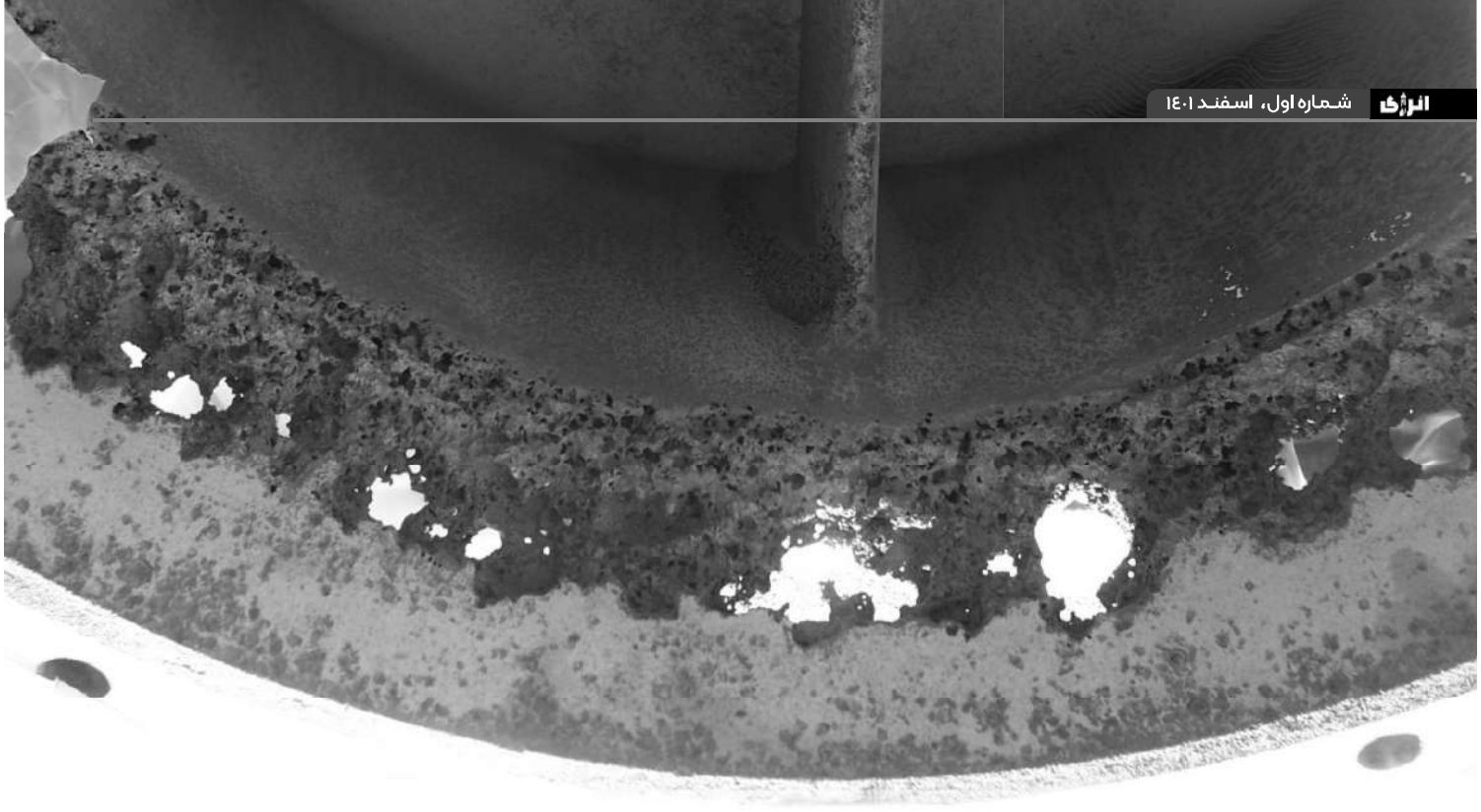
[8] P. Seyedmatin, S. Karimian, H. Rostamzadeh, and M. Amidpour, "Electricity and hydrogen co-production via scramjet multi-expansion open cooling cycle coupled with a PEM electrolyzer," Energy, vol. 199, p. 117364, May 2020, doi: 10.1016/J.ENERGY.2020.117364.

[9] T. Ioroi, K. Yasuda, Z. Siroma, N. Fujiwara, and Y. Miyazaki, "Thin film electrocatalyst layer for unitized regenerative polymer electrolyte fuel cells," J. Power Sources, vol. 112, no. 2, pp. 587–583, Nov. 2002, doi: 10.1016/S4-00466(02)7753-0378.

[10] E. Akrami, A. Nemati, H. Nami, and F. Ranjbar, "Exergy and exergoeconomic assessment of hydrogen and cooling production from concentrated PVT equipped with PEM electrolyzer and LiBr-H2O absorption chiller," Int. J. Hydrogen Energy, vol. 43, no. 2018 ,2, doi: 10.1016/j.ijhydene.2017.11.007.

[11] H. Nami, E. Akrami, and F. Ranjbar, "Hydrogen production using the waste heat of Benchmark pressurized Molten carbonate fuel cell system via combination of organic Rankine cycle and proton exchange membrane (PEM) electrolysis," Appl. Therm. Eng., vol. 2017 ,114, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.12.018.





کاویتاسیون

سیامک سیفی، دانشجوی دکتری دانشگاه یورک کانادا

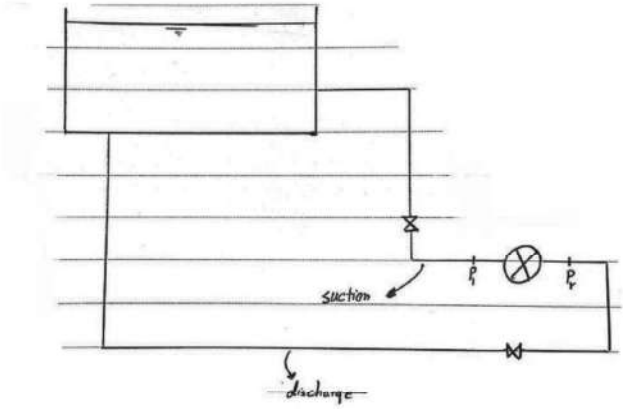
مفهوم فیزیکی کاویتاسیون

کاویتاسیون ظهور حباب‌های بخار درون یک محیط مایع همگن می‌باشد، که در شرایط مختلفی امکان بروز دارد. می‌توان کاویتاسیون را از هم گسستن محیط مایع تحت فشارهای بسیار پایین تعریف کرد، که این تعریف کاویتاسیون را به مکانیک محیط پیوسته مرتبط کرده و برای هر دو حالت مایع ساکن یا در حال حرکت قابل استفاده است. از نگاه مولکولی کاهش میدان فشار سیال موجب تضعیف پیوندهای بین مولکولی خواهد شد و در نتیجه‌ی از هم گسیختگی ساختار سیال، حفره‌ها و حباب‌ها ایجاد می‌گردند. بنابراین می‌توان این پدیده را به عنوان یک مسئله دو فازی مطرح کرد چرا که فاز بخار و گاز درون حباب، در کنار فاز مایع قرار می‌گیرند. مباحث کاویتاسیون به خاطر اهمیت موضوعی بیشتر حول کاویتاسیون هیدرودینامیکی (کاویتاسیونی که در مایعات جاری اتفاق می‌افتد) مورد مطالعه قرار می‌گیرد که جریان در نازل‌های ونتوری،کانال‌های باریک (مثلاً شیرهای هیدرولیکی) و تیغه‌ی پروانه در این دسته گنجانده می‌شوند. باید توجه داشت که علاوه بر موارد گفته شده کاویتاسیون در مایع ساکن (یا تقریبا ساکن) نیز امکان وقوع دارد. زمانی که یک میدان فشار نوسانی بر روی سطح آزاد مایعی که در یک مخزن قرار دارد اعمال می‌شود، امکان پدیدار شدن حباب‌های کاویتاسیون درون توده‌ی سیال، در صورتی که دامنه‌ی نوسانات به اندازه‌ی کافی بزرگ باشد، وجود دارد که این پدیده تحت عنوان کاویتاسیون آکوستیک شناخته می‌شود. به عنوان مثالی دیگر برای کاویتاسیون در مایع تقریبا ساکن، می‌توان شتاب‌گیری ناگهانی و سریع یک جسم جامد با گوشه‌های تیز (مثلا دیسک) در آب راکد را بیان نمود، که حباب‌ها تقریبا بلافاصله می‌توانند نزدیکی این گوشه‌ها شکل بگیرند. تعریف بالا از کاویتاسیون مفهومی تحت عنوان آستانه‌ی فشار را مطرح می‌کند که فشاری است که به ازای فشارهای کم‌تر از آن تضمینی برای انسجام مایع وجود ندارد. در حالت ایده‌آل، این آستانه از ملاحظات فیزیکی در مقیاس میکروسکوپیک به دست می‌آید، اما با در نظرگرفتن جایگاه واقعی دانش بشری و نیاز به حل کاربردی مسأله برای سیستم‌های صنعتی عموما پیچیده، بهتر است برای تعریف پارامترهای مختلف مؤثر در کاویتاسیون (از جمله آستانه‌ی فشار) تنها به مشخصات ماکروسکوپیک سیال اشاره گردد. یک مثال ساده‌ی کاربردی این مفهوم، سرنگ است. پرکردن صحیح نیازمند حرکت با سرعت کم پیستون دارد، چراکه تلفات هد در داخل سوزن، فشار در داخل سرنگ را به زیر فشار اتمسفر می‌رساند که این اختلاف فشار با بالا رفتن سرعت پیستون افزایش می‌یابد. علاوه‌براین در ورودی سرنگ نوسانات فشار توربولانسی نیز اتفاق می‌افتد. هر دوی این مکانیزم‌ها منجر به کاهش فشار محلی شده و ممکن است فشار به زیر فشار بخار آن مایع بیفتد و تولید بخار نماید. یک پدیده‌ی مشابه ممکن است در پمپ‌های حجمی، که برای تزریق سوخت به موتور به کار می‌روند، اتفاق بیفتد. در این حالت نیز افت هد و شتاب سریع ستون مایع ممکن است منجر به فشار پایین شده که باعث کاویتاسیون می‌گردد. تشکیل حباب‌های کاویتاسیونی و رشد و فروریزش آن‌ها از مسائل مهم مهندسی می‌باشد. از مواردي که حباب‌های کاویتاسیونی در جریان سیال ایجاد می‌شود، می‌توان به حضور این حباب‌ها در سیستم‌های خنک‌کاري ماهواره‌ها و هم‌چنین جریان روی هیدروفویل‌ها اشاره نمود. عموما هنگامی که در یک دمای خاص در جریان سیال فشار سیال تا نزدیکی فشار بخار آن کاهش می‌یابد، حباب‌های گاز به همراه بخار سیال در جریان ایجاد می‌شوند. هنگامی‌که این حباب‌ها به ناحیه‌ی پرفشار وارد می‌شوند حباب فروریزش می‌کند و شعاع آن به حداقل ممکن می‌رسد.

کاویتاسیون در پمپ‌ها

مقدمه‌ای بر NPSH

همانگونه که می‌دانیم آب یا هر مایع دیگری در هر درجه حرارتی به ازای فشار معینی که به فشار بخارموسوم است، تبخیر می‌شود. به عنوان مثال، آب در فشار atm ۰/۰۲ در $20^{\circ}C$ تبخیر می‌شود. با توجّه به این موضوع هرگاه، در حین جریان مایع در داخل پروانه پمپ، فشار از فشار بخار مایع در درجه حرارت مربوطه کمتر شود، حباب‌های بخار بوجود آمده و همراه با مایع به نواحی پرفشار حرکت می‌کند. اگر در محلّ جدید فشار به اندازه کافی زیاد باشد، حباب‌های بخار تقطیر می‌شوند. در این صورت ذرّات مایع اطراف حباب‌ها، برای پرکردن فضای خالی ناشی از ترکیدن حباب‌ها، از مسیر اصلی خود منحرف شده و با سرعت بسیار زیادی به اطراف و از جمله پرّه‌های پروانه برخورد می‌کند. این پدیده، پدیده کاویتاسیون نام دارد و پدیده‌ی بسیار خطرناکی می‌باشد و امکان دارد پس از مدّت زمان کوتاهی پروانه پمپ را از بین ببرد. پس باید از بوجود آمدن آن جلوگیری کرد. در آزمایشگاه همانگونه‌که مشاهده می‌شود، مخزن بالاتر از پمپ قرار دارد پس برای وقوع کاویتاسیون لازم است برای افزایش تلفات، شیر قبل از ورودی پمپ بسته شود. برای تحلیل سیالاتی پدیده کاویتاسیون، فرض کنید، پمپ زیر سیالی را از مخزن زیر پمپ می‌کند. در صورتیکه بین نقاط۰ و ۱ رابطه برنولی نوشته شود، داریم:



شکل۱- نمایی از خط تست NPSH

$$\frac{P_0}{\rho g}+\frac{V_0^2}{2\,g}+z_0-\Delta h=\frac{P_1}{\rho g}+\frac{V_1^2}{2\,g}+z_1 \qquad (1)$$

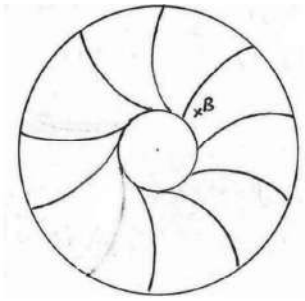
در هر ایستگاه پمپاژ، اگر مخزن بصورت روباز باشد، فشار وارد بر مخزن عبارتست از فشار اتمسفر. در صورتیکه طبق رابطه فوق، از این فشار اتمسفر، تلفات لوله مکش(Δh) و هد مربوط به مکش(عمق نصب) با h_a و هد معادل دینامیکی در ورودی پمپ یا $\frac{V_1^2}{2\,g}$ کم شود، فشار ورودی پمپ(P_1)بدست می‌آید، چراکه مقدار V_0 تقریباً برابر صفر بوده و مقدار $z_0=0$ می‌باشد چراکه نقطه ۰ بعنوان مبنای هندسی فرض شده‌است و $z_1=h_a$ می‌باشد و مقدار $P_0=P_{atm}$ می‌باشد. پس داریم:

$$\frac{P_1}{\rho g}=\frac{P_{atm}}{\rho g}-\Delta h-\frac{V_1^2}{2\,g}-h_a \qquad (2)$$

V_1 برابر سرعت مطلق در ورودی پمپ می‌باشد. پس $V_1=C_1$ خواهد بود. فلذا داریم:

$$\frac{P_1}{\rho g}=\frac{P_{atm}}{\rho g}-\Delta h-\frac{C_1^2}{2\,g}-h_a \qquad (3)$$

بررسی‌ها نشان می‌دهد که حدّاقل فشار، کمی بعد از ورودی پمپ و در ابتدای پاساژ پروانه(نقطه B) رخ می‌دهد. این نقطه از لحاظ دیدگاه کاویتاسیون خطرناکترین نقطه می‌باشد. برای این نقطه داریم:



شکل۲- محل وقوع کمترین فشار

$$\frac{P_1}{\rho g}=\frac{\lambda W_1^2}{2\,g}+\frac{P_{min}}{\rho g} \qquad (4)$$

در رابطه فوق P_1 فشار ورودی پمپ و W_1 سرعت انتقالی نسبی در ورودی پمپ و P_{min} فشار در نقطه B می‌باشد. λ ضریب کاویتاسیون پرّه (نه پمپ) نامیده می‌شود و محدوده آن بصورت $0.25\le\lambda\le0.35$ می‌باشد.

شرط عدم وقوع کاویتاسیون آن است که P_{min} از فشار بخار اشباع در دمای سیال بیشتر باشد. به عبارت دیگر داشته باشیم:

$$\left.\begin{aligned}&\frac{P_1}{\rho g}=\frac{\lambda W_1^2}{2\,g}+\frac{P_{min}}{\rho g}\\&\frac{P_1}{\rho g}=\frac{P_{atm}}{\rho g}-\Delta h-\frac{C_1^2}{2\,g}-h_a\end{aligned}\right\}\rightarrow\frac{\lambda W_1^2}{2\,g}+\frac{P_{min}}{\rho g}=\frac{P_{atm}}{\rho g}-\Delta h-\frac{C_1^2}{2\,g}-h_a \qquad (5)$$

$$\left.\begin{aligned}&\rightarrow\frac{P_{min}}{\rho g}=\frac{P_{atm}}{\rho g}-\Delta h-\frac{C_1^2}{2\,g}-h_a-\frac{\lambda W_1^2}{2\,g}\\&\text{طرش مدع عوقو نویساتیواک}:\ \frac{P_{min}}{\rho g}\ge\frac{P_v}{\rho g}\quad P_v=\text{راشف راخب}\end{aligned}\right\}\rightarrow\frac{P_{atm}}{\rho g}-\Delta h-\frac{C_1^2}{2\,g}-h_a-\frac{\lambda W_1^2}{2\,g}\ge\frac{P_v}{\rho g}$$

در صورتیکه در رابطه فوق، مقادیری را که دارای اندیس یک هستند، در یک طرف جمع کنیم و بقیه مقادیر را به سمت دیگر منتقل کنیم، می‌توان نوشت:

$$\frac{P_{atm}-P_v}{\rho g}-\Delta h-h_a\ge\frac{C_1^2}{2\,g}+\frac{\lambda W_1^2}{2\,g} \qquad (6)$$

در رابطه فوق، عبارت $\frac{P_{atm}-P_v}{\rho g}-\Delta h-h_a$ را $NPSH_A$ می‌نامند. A مخفّف کلمه Available است. به $NPSH_A$، $NPSH$ ایستگاه نیز گفته می‌شود. همچنین عبارت $\frac{C_1^2}{2g}+\frac{\lambda W_1^2}{2\,g}$ را $NPSH_R$ می‌نامند که R مخفّف کلمه Required می‌باشد.

$NPSH_A$ با مسئولیّت طرّاح ایستگاه پمپاژ و $NPSH_R$ با مسئولیّت طرّاح پمپ تعیین می‌شود. در صورتیکه پمپ دچار کاویتاسیون شود، عملکرد پمپ دچار اختلال شده و علاوه بر ارتعاش و سر و صدا، در دراز مدّت موجب از کار افتادن پمپ می‌شود. طبق معادله نوشته شده در بالا، شرط عدم وقوع کاویتاسون آن است که $NPSH$ موجود در ایستگاه از $NPSH$ مورد نیاز پمپ، بیشتر باشد. به عبارت دیگر برای جلوگیری از کاویتاسیون، می‌توان با توجّه به رابطه فوق، موارد زیر را در نظر گرفت:

- هرچقدر که فشار منبع مکش در اینجا (P_{atm} بیشتر باشد، ارتفاع مجاز مکش(h_a) نیز بیشتر خواهد بود. (البتّه در همه جا $P_0=P_{atm}$ نمی‌باشدو این اتّفاق فقط در مخازن روباز اتّفاق می‌افتد.)
- هرچقدر درجه حرارت سیال بیشتر باشد، فشار بخار بیشتر بوده و در نتیجه ارتفاع مکش مجاز پایین می‌آید. به همین دلیل است که مکش پمپ‌های تغذیه‌ی دیگ بخار در نیروگاه‌ها بصورت تحت فشار (زیر آب) صورت می‌گیرد.

- با افزایش سرعت در ورودی پمپ(C_1)، ارتفاع مکش مجاز کاهش می‌یابد. به همین دلیل، در طراحی توربوپمپ‌ها، مقدار این سرعت را نمی‌توان از حدّ مجازی بیشتر انتخاب کرد. همچنین به علّت کاویتاسیون، سرعت دورانی که به مقادیر C_1 W_1 ومربوط می‌شود، در این ماشین‌ها محدود شده‌است.
- با افزایش تلفات در لوله مکش، ارتفاع مکش مجاز کاهش می‌یابد. به همین علّت برای جلوگیری از کاویتاسیون هیچگاه شیر فلکه تنظیم دبی را روی لوله مکش قرار نمی‌دهند و معمولاً قطر لوله مکش را نیز بزرگتر از لوله رانش انتخاب می‌کنند.

پس با توجّه به نکات گفته شده می‌توان نتیجه گرفت که $NPSH_A$ که توسّط طرّاح محاسبه می‌شود، تابع محل نصب پمپ به‌لحاظ ارتفاع جغرافیایی و تابع دمای سیال و فاصله مرکز پمپ تا مخزن مکش و قطر لوله مکش می‌باشد. همچنین$NPSH_R$ که توسّط طرّاح پمپ محاسبه می‌شود، تابع سرعت ورودی C_{1m} و W_1 و نهایتاً مشخّصات مثلث سرعت‌ها در ورودی پمپ می‌باشد.در ادبیات فن تلاش می‌کنند که هر دو $NPSH$ را بر حسب تغییرات دبی پمپ نیز تحلیل کنند.

$$NPSH_A = \frac{P_{atm} - P_v}{\rho g} - \Delta h - h_a \qquad (7)$$

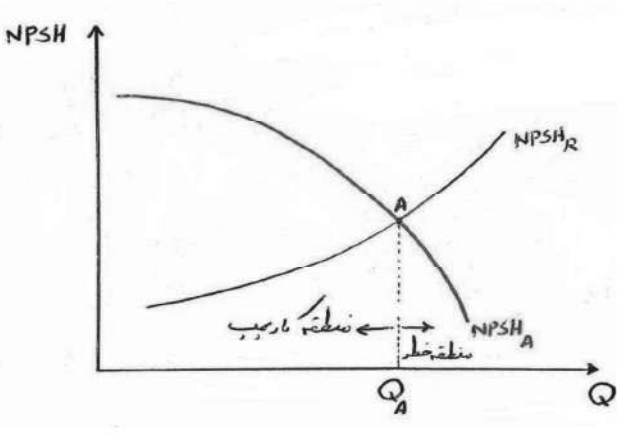
در رابطه فوق، P_{atm} مربوط به منطقه جغرافیایی بوده و مستقل از دبی می‌باشد. همچنین P_v متناسب با دمای سیّال بوده و با ثابت بودن دما، این مقدار نیز ثابت خواهد بود. Δh می‌تواند بصورت تابع درجه دو از دبی باشد فلذا داریم:

$$\mathrm{NPSH_A} = \mathrm{K' - KQ^2} \qquad (8)$$

برای $NPSH_R$ نیز داریم:

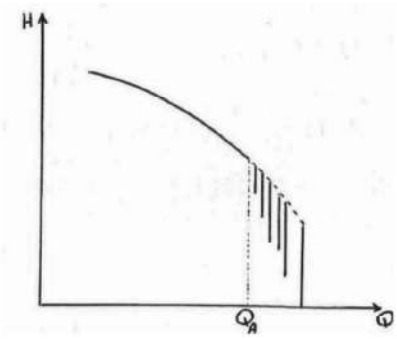
$$\mathrm{NPSH_R} = \frac{C_1^2}{2g} + \frac{\lambda W_1^2}{2g} \xrightarrow{W_1^2 = C_1^2 - U_1^2} \mathrm{NPSH_R} = \frac{C_1^2}{2g} + \frac{\lambda(C_1^2 - U_1^2)}{2g}$$
$$= (1+\lambda)\frac{C_1^2}{2g} - \lambda\frac{U_1^2}{2g}$$
$$\xrightarrow{C_1 = \frac{Q}{A}} \mathrm{NPSH_R} = (1+\lambda)\frac{1}{2gA}Q^2 - \lambda\frac{U_1^2}{2g} \qquad (9)$$

پس نمودارهای $NPSH_A$و $NPSH_R$بر حسب Q بصورت زیر خواهد بود:



شکل ۳- نمودارهای $NPSH_A$ و $NPSH_R$ بر حسب Q

محل برخورد نمودارهای $NPSH_A$ و $NPSH_R$ نقطه‌ی بحرانی خوانده می‌شود. Q_A حدّاکثر دبی پمپ بدون کاویتاسیون می‌باشد. این دبی به دبی بحرانی نیز مشهور است و با نماد Q_{cr} نشان داده می‌شود. درصورتیکه دبی از دبی بحرانی بیشتر شود،کاویتاسیون رخ خواهد داد. در صورتیکه دبی پمپ، از دبی مربوط به نقطه A بیشتر شود، هد پمپ به شدّت نزول خواهد کرد. علّت کاهش هد آن است که مقادیر حباب بقدری تشکیل شده‌است که اجازه عبور مایع را نمی‌دهد و در نتیجه موجب مسدود شدن پمپ می‌شود.



شکل۴-افت هد بعد از عبور از دبی بحرانی

سرعت مخصوص مکش با نماد N_{ss} نشان داده می‌شود و از معادله N_s بدست می‌آید، بشرطی که به‌جای هد پمپ، $NPSH_R$ قرار داده شود.

$$N_{ss} = \frac{NQ^{1/2}}{NPSH_R{}^{3/4}} \qquad (10)$$

N_{ss} برای پمپ‌های مختلف محدوده مختلفی دارد ولی محدوده آن در کاربرد مهندسی بصورت زیر می‌باشد:

در سیستم انگیسی $\quad 8500 \le N_{ss} \le 12500$

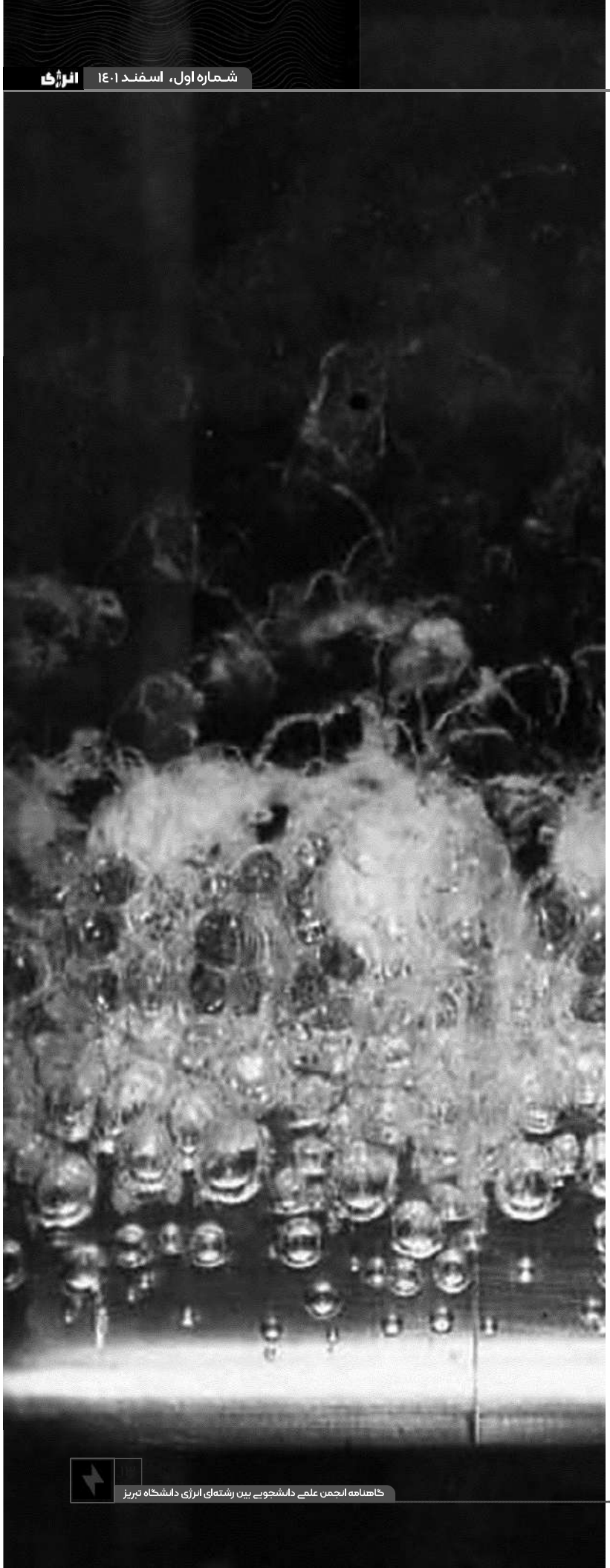
در سیستم متریک $\quad 164 \le N_{ss} \le 242$

در معادله N_s در صورتیکه بخواهیم واحدها را در سیستم انگلیسی بنویسیم، یکای N، rpm، یکای Q ، گالون بر ثانیه (gps) و یکای هد، فوت (ft) خواهد بود. برای تبدیل سیستم متریک به انگلیسی، لازم نیست که تمامی واحدها را بصورت تک‌به‌تک تبدیل کنیم بلکه N_s را در سیستم متریک و با واحدهای متریک حساب کرده و نتیجه نهایی را در۵۱/۶ ضرب می‌کنیم. این نکته برای N_{ss} نیز برقرار است.

در معادله N_{ss} همانگونه‌که مشاهده می‌شود، به ازای سرعت دورانی و دبی ثابت با افزایش $NPSH_R$، N_{ss} کاهش می‌یابد. پس می‌توان گفت که هرچقدر مقدار N_{ss} بیشتر باشد، $NPSH_R$ کمتر بوده و این امر از لحاظ کاویتاسیون بسود ما خواهد بود.ضریب کاویتاسیون پمپ نیز بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\sigma = \frac{NPSH_R}{H_N} \qquad H_N = \text{هد نامی} \qquad (11)$$

در برخی منابع ضریب کاویتاسیون پمپ، ضریب توما نیز نامیده می‌شود. برای شروع طرّاحی یک پمپ، جهت برآورد مقدار تقریبی$NPSH_R$ ، سعی می‌کنند که مقدار ثابتی را برایN_{ss} مشخّص کنند تا مقدار تقریبی $NPSH_R$ محاسبه شود. البتّه لازم است بعد از طرّاحی پمپ، مقدار واقعی آن نیز دباره محاسبه شود و نهایتاً مقدار کاربردی قابل قبول آن از تست کاویتاسیون پمپ بدست آید.



عوامل موثر در پدیده کاویتاسیون

عوامل هندسی شامل

۱-ناهمواری سطحی پره‌ها، خصوصا برامدگی‌ها و فرورفتگی‌های موضعی
۲-درزهای ساختمانی و کریستالی
۳-جدا کننده جریان و دفلکتورها
٤-دهانه مجاری و لوله
٥- شکل نازل ورودی
٦-تغییر در شکل عبور جریان
۷-انحناء یا انحراف در مسیر جریان در آبراهه

عوامل هیدرو دینامیکی

۱-دبی مخصوص
۲-سرعت جریان سیال
۳-عملکرد پمپ
٤-توسعه لایه مرزی

عوامل دیگر

۱-انتقال حرارت در طی عمل پمپاژ
۲-درجه حرارت سیال
۳-تعداد و اندازه حباب‌های موجود در سیال
٤-پراکندگی هوا

منابع و مآخذ:

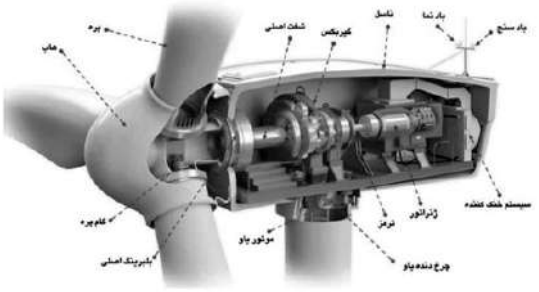
[۱]مبانی و کاربرد انواع پمپ‌ها، حسین خوش کیش، انتشارات فنی حسینیان، ۱۳۷٦
[۲] پمپ و پمپاژ، دکتر سید احمد نوربخش، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم،۱۳۷۷
[۳]پمپ ها، انواع، روش انتخاب و نصب، طرز کار و نگهداری آن‌ها، مهندس سالم پرهامی، انتشارات کتابفروشی دهخدا، تیر ماه ۱۳۷٦
[٤]توربوماشین ها،دکتر نوربخش، انتشارات دانشگاه تهران، بهمن ۱۳۹٥
[٥]آشنایی با پمپ سانتریفیوژ،شرکت پشتیبانی ساخت و تهیه کالای نفت تهران، شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۷۹
[٦]پمپ‌های گریز از مرکز و پمپاژ، امور مهندسی شرکت صنایع پمپ سازی ایران، انتشارات گلباد، ۱۳۷٥
[۷]کاویتاسیون در پمپ و شیر،حسن رحیم زاده، انتشارات فدک، ۱۳۹۲
[۸] مکانیک سیالات، Frank M.White، ترجمه دکتر کریم موسوی نسب، ۱۳۷۱
[۹] پمپ های گریز از مرکز، آرش نوربخش،سیامک سیفی، انتشارات عصر زندگی، ۱۳۹۷

توربین‌های بادی

سنا فتاحی- مریم نامور، دانش‌آموختگان
مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز

در دنیای صنعتی امروز، بشر در تلاش است که از انواع عناصرطبیعت برای تامین انرژی مورد نیاز خویش بهره گیرد. توربین‌های بادی به عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر تامین انرژی دردنیای امروزی به شمار می‌رود و با توجه به وضعیت آب و هوایی کشورمان استفاده از این توربین‌ها بسیار مورد توجه بوده و گسترش یافته‌است. در دنیای امروزی، انرژی سهم بسیار زیادی در پیشرفت و توسعه زندگی بشر دارد. کشور ما از غنی‌ترین کشورهای جهان از نقطه نظر ذخایر سوخت‌های فسیلی است، اما استفاده از سوخت-های فسیلی برای نیروگاه‌ها علاوه بر اتمام سریع ذخایرآن باعث آلودگی محیط زیست نیز می‌گردد. در همین راستا در جوامع امروزی انرژی‌های نو بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته‌اند. انرژی‌های نو را گاه انرژی‌های پاک یا انرژی‌های طبیعی نیز می‌نامند، زیرا این گروه از انرژی ها با طبیعت هماهنگی داشته و کمتر به محیط زیست زیان می‌رسانند. انرژی خورشید، انرژی باد، انرژی زمین گرمایی، انرژی حاصل از مواد موجودات زنده و... از جمله این گونه انرژی‌ها محسوب می شوند. استفاده از انرژی باد دارای پیشینه طولانی می‌باشد. برای نخستین بار ایرانیان باستان در حدود ۲۰۰سال پیش از میلاد مسیح، با ساخت آسیاب‌های بادی از انرژی باد استفاده نمودند. در ابتدا بشر از انرژی باد برای آسیاب کردن غلات و پمپاژآب از چاه توسط آسیاب‌های بادی استفاده می‌کرده است. امروزه استفاده از انرژی باد در صنعت،کشاورزی و ... بسیار گسترش یافته است.

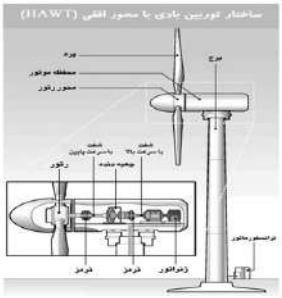
در حالت کلی توربین بادی ماشینی است که انرژی باد را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نماید. با وزش باد و چرخش پره‌ها محور درونی روتور توربین چرخانده می‌شود و در نهایت بعد از تبدیل گشتاور به سرعت دورانی در جعبه دنده(گیربکس)، توان مکانیکی به توان الکتریکی تبدیل می‌شود. به طور کلی توربین‌های بادی بر اساس نحوه جهت‌گیری محور دوران روتور، نسبت به راستای وزش باد به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول که محور دوران آن‌ها در راستای جریان باد قرار می‌گیرد، توربین‌های بادی محورافقی نامیده می‌شوند. دسته دوم توربین‌های بادی محور عمودی می‌باشند، که در آن‌ها محور دوران روتور در راستای عمود بر جهت وزش باد قرار می‌گیرد.



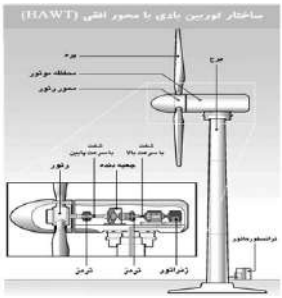
شکل۱-نمایی از توربین بادی

توربین بادی با محور افقی

در توربین‌های بادی با محور افقی روتور و ژنراتور الکتریکی در بالای یک برج بلند و در راستای باد قرار می‌گیرد. در واقع، این توربین‌ها با استفاده از یک جعبه دنده، سرعت چرخش کند پره‌ها را به سرعت بیشتری برای ژنراتور تبدیل می‌کنند. به طور کلی در سراسر جهان بهره‌گیری از توربین‌های بادی محور افقی برای تولید برق، متداول می‌باشد. اما به دلیل آسیب رساندن به محیط زیست و هزینه اولیه بسیار زیاد، استفاده از این نوع توربین‌ها در مناطق شهری ممکن نیست. از این رو توربین‌های بادی عمود محور اهمیت پیدا می‌کنند.



شکل۲-توربین بادی محور افقی



شکل۳- توربین بادی با محور

توربین بادی با محور عمودی

توربین‌های بادی عمود محور که با هدف صرفه اقتصادی و کاربردی بودن در عین عملکرد کم صدا و بهینه، طراحی و ساخته می‌شوند. این نوع توربین برای استفاده در مناطق مسکونی بسیار مناسب است. به طور کلی توربین‌های بادی عمود محور به دو دسته ساونیوس و داریوس تقسیم بندی می‌شود. توربین‌های بادی عمود محور ذاتا نیاز به وجود یک مکانیزم که سیستم را همیشه به سمت باد نگه دارد را رفع می‌کند. به علت پایین بودن سرعت نسبی دورانی، توربین‌های بادی با محور عمودی نوعا تولید صدای کمتری دارند. هزینه تولید توربین‌های بادی عمود محور می‌تواند بسیار ارزان‌تر از نمونه افقی باشد که علت آن سادگی تولید پره‌های توربین عمودی نسبت به افقی است.

توربین بادی داریوس

توربین بادی داریوس که یکی از انواع توربین بادی با محور عمودی می‌باشد و به دلیل ظاهر تخم مرغی که دارا می باشد به همزن تخم مرغ معروف است. این توربین در سال ۱۹۳۱ توسط جورج داریوس اختراع شد. داریوس ماشینی با سرعت بالا و گشتاور پایین می‌باشد که برای تولید جریان برق متناوب مناسب است. توربین‌های داریوس به طور معمول برای شروع کارکرد، به مقداری گشتاور راه انداز نیاز دارند. اگرچه این گشتاور اندک است اما از معایب این نوع توربین به شمار می‌رود.

توربین بادی ساونیوس

این نوع توربین برخلاف توربین بادی داریوس با سرعت دورانی کمی می چرخد اما گشتاور بالاتری تولید می‌کند و با حداقل دو قاشقک که به یک محور دوار وصل شده است، با بازدهی کم ولی قابلیت اطمینان بالاتری نسبت به داریوس عمل می‌کند. بیشتر توربین‌های بادی از نیروی برا حاصل از شکل آیرودینامیکی پره نیرو می‌گیرند ولی ساونیوس از نیروی پسا قدرت می‌گیرد. لذا سرعت گردش آن از سرعت باد تجاوز نمی‌کند. توربین بادی ساونیوس باید به طور غیرخودکار راه اندازی شود. سرعت کم باعث کاهش بهره وری و افزایش هزینه می‌شود.

■ مزایا و معایب توربین های بادی عمود محور

مزایا

۱) می‌توان توربین بادی عمودی را نزدیک به سطح زمین ساخت.
۲) در مناطقی دارای کوه، دره و موانع دیگر وزش مستقیم باد، انتخاب توربین عمودی بسیار مناسب است.
۳) به دلیل امکان نصب در نزدیکی سطح زمین، هزینه نصب و تعمیر و نگهداری کمتری داشته و با آسیب کمتر به پرندگان حیات وحش را نیز مختل نمی‌سازد.
٤) به مکانیزم پیچیده ای برای کارکرد نیاز ندارد.
٥) عملکرد مناسب با سرعت کمتر باد و جریان آشفته.
٦) مهم‌ترین مزیت آن‌ها عدم نیاز به قرارگرفتن در جهت باد است. لذا در مناطقی که جهت وزش باد متغیر است مناسب هستند.
۷) در مکان‌هایی با محدودیت ارتفاع می‌توان از این توربین‌ها استفاده کرد.
۸) این توربین‌ها نسبتا کم صدا، ارزان و بهینه برای تأمین انرژی مناطق شهری و روستایی دور از دسترس مناسب هستند.

معایب

۱) بهره‌وری آن‌ها در مقایسه با توربین‌های بادی افقی کمتر است. دلیل این کاهش بهره وری به‌طور عمده نیروی پسای وارد بر پره‌ها هنگام چرخش آن‌ها است.
۲) امکان بهره برداری از سرعت بالای باد در ارتفاع زیاد را به قدر کافی ندارد.
۳) نصب این نوع توربین روی برج‌های بلند مشکل است؛ بدین معنی که آن‌ها باید در جریان‌های هوایی آهسته‌تر با اغتشاش بیشتر و نزدیک زمین با بازده استخراج انرژی پایین‌تر عمل کنند.
٤) به دلیل مسائل ذکر شده، طراحی و تحلیل پره (ایرفویل) توربین‌های عمودی سخت‌تر و گران‌تر است. بازده کم آن‌ها را می‌توان با چیدمان فشرده و طراحی‌های جدید بهبود بخشید.
٥) به دلیل اغتشاش جریان زیاد، سازه‌ی توربین‌های بادی عمودی در معرض خستگی قرار دارد. این مسئله نیز با پیش‌بینی بارهای آیرودینامیکی تا حد زیادی قابل بهبود است.

■ مزایا و معایب توربین بادی افقی

مزایا

۱) بلندی برج امکان دسترسی به بادهای پرتوان را فراهم می‌کند. در برخی مکان‌ها به ازای هر ۱۰ متر افزایش ارتفاع سرعت باد ۲۰ درصد و بازدهی ۳۴ درصد افزایش می‌یابد.
۲) به دلیل پایه‌های بلند و مکانیزم پیشرفته، امکان استفاده از این توربین‌ها در دریاها نیز وجود دارد.
۳) به دلیل قرارگرفتن مستقیم در مقابل وزش باد، بازدهی بالایی دارند.

معایب

۱) در ارتفاع کم کار نمی‌کنند.
۲) حمل و نقل و نصب و راه اندازی آن‌ها مشکل است.
۳) تعمیر و نگه داری آن‌ها سخت و پرهزینه است.
٤) در مجاورت رادار تحت تأثیر قرار می‌گیرند.
٥) ارتفاع زیاد و بزرگی آن‌ها ظاهر زیبایی ندارد و آلودگی صوتی ایجاد می‌کند.

منابع

https://www.kianbattery.com
https://elicaelectric.com
بررسی و تحلیل اثرات پیامدهای توربین‌های بادی بر محیط زیست، منوچهری، پاییز ۱۴۰۱، مجله علوم زیست‌محیطی



بررسی تجربی و پردازش تصویری برای اندازه‌گیری توزیع چگالی

محمدتقی شروانی‌تبار[1]، آرش نوربخش سعدآباد[2]
۱- استاد، مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲- دانشجوی دکتری تخصصی، مکانیک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

چکیده

درک رفتار سیالات اهمیت فراوانی در بهبود طراحی‌های صنعتی مرتبط با سیالات خواهد داشت. برای بررسی رفتار سیالات می‌توان گفت دو روش کلی وجود دارد. روش اول که بدون مشاهده و اندازه‌گیری مستقیم صورت می‌گیرد و با استفاده از معادلات حاکم بر سیالات که پیش‌تر توسط محققین استخراج شده است، به بررسی رفتار سیال می‌پردازد. روش دوم که روشی معتبر و قابل اتکا و البته هزینه‌بر و وقت‌گیر است، روش تجربی و آزمایشگاهی می‌باشد.

از آزمایش‌های متعدد برای اسکن سه بعدی، پلوم یک اسپری مایع استفاده شده‌است. با استفاده از یک نور لیزری صفحه‌ای و با استفاده از یک دوربین با سرعت نسبتا بالا عکس‌ها و فیلم‌های تجربی از سطوح مقطع قائم اسپری با فاصله‌های مشخص گرفته شده‌است. با استفاده از نتایج پردازش تصویری آن‌ها در متلب، برای هر اسپری یک اسکن سه بعدی برای اندازه گیری توزیع چگالی در پلوم اسپری بدست آمده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از لیزر و همچنین با دور شدن از محور پاشش، چگالی فاز مایع کاهش یافته‌است.

واژه های کلیدی:

توزیع چگالی-عکس برداری سریع- پردازش تصویری- اسپری- اسکن سه بعدی.

مقدمه

آگاهی از جایگذاری مایع و اندازه قطره در یک اسپری در بسیاری از کاربردها مانند احتراق و اسپری رنگ بسیار مهم است. بهترین تکنیک نوری برای تعیین اندازه قطره، ناهنجاری فاز داپلر است که زمان به طور متوسط اندازه گیری نقطه ای از اندازه قطرات و سرعت را باعث می‌شود[۱]. زمان توصیف اسپری معمولاً در ساعت اندازه‌گیری می‌شود و وضوح مکانی به طور معمول از ترتیب ۱ میلی‌متر است. ناهنجاری فاز داپلر نمی‌تواند اطلاعات قابل اعتماد در اسپری‌های چگال بدهد[۲]. نور پراکنده از یک ورقه لیزر گرفته شده توسط دوربین می‌تواند تصاویر دو بعدی از یک اسپری را فراهم کند. اندازه‌گیری توزیع جرم مایع در اسپری‌ها با استفاده از فلورسانس ناشی از لیزر گزارش می‌شود[۳]. روش پردازش سیگنال برای تعیین قطر ذرات نیاز به اطلاعات یک بعدی، برای محاسبه فاصله حاشیه توسط تبدیل‌های فوریه گسسته دارد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری ذرات یکپارچه نشان می‌دهد که دقت حاصل از تکنیک حاضر در قطر متوسط کمتر از ۳ درصد بوده است. از این روش برای اندازه گیری حباب‌های حل-شونده و جریان اسپری متراکم پایدار و آب متراکم استفاده شده و توزیع مکانی قابل قبول از قطر ذرات با موفقیت بدست آمده است[٤].

سیستم‌های مهار آتش در آب مه در حال حاضر برای کاربردهای ثابت (مسکونی و صنعتی) و سیار (هوانوردی و دریایی) بکار می‌رود[۵]. سانتانگلو با هدف تعیین ویژگی اسپری آب مایع در ظرف جامد مخروطی تولید شده، توسط یک اسپری کننده معمولی در فشار عملیاتی بالا (در محدوده ٦۰ الی ۸۰ بار) یک آزمایش تجربی داد. به طور عمده با استفاده از تکنیک‌های نوری، اندازه قطره و توزیع شار، سرعت اولیه و زاویه مخروطی برای ارائه توضیحات کمی اتمیزه کردن و پراکندگی بررسی شده است. از یک ابزار مبتنی بر پراکندگی لیزر، اسپراتک مالورن(Malvern Spraytec)، برای ارزیابی اندازه قطره استفاده شده است، در حالی که میدان سرعت و زاویه مخروط پاشش با استفاده از تکنیک سرعت تصویر ذره مورد مطالعه قرار گرفته است[٦].

اندازه‌گیری اندازه قطرات در محدوده ۱۰ تا ۲۰۰ میکرومتر برای درک تسریع تشکیل و تأثیر آئروسل بسیار مهم است. به خوبی شناخته شده است که یک کره بزرگ هنگامی که توسط یک موج الکترومغناطیسی منسجم روشن شود، نوساناتی را در الگوی زاویه‌ای از نور پراکنده نشان می‌دهد. براساس این پدیده می‌توان تکنیک‌های مختلف اندازه‌گیری قطره را ایجاد کرد[۷]. هولست و همکاران تنظیمات تصویربرداری خارج از فوکوس را توسعه دادند و با تجزیه و تحلیل الگوهای حاشیه امکان تعیین قطر قطرات را فراهم کردند[۸].

توسعه شبیه‌ساز عددی تکنیک تصویربرداری با لیزر تداخل سنجی برای روش اندازه‌گیری قطرات ارائه شده است. از انتگرال‌های هیگنز فرانسن(Huygens-Fresnel) تعمیم یافته مربوط به انتقال ماتریس که توصیف کل راه اندازی تصویربرداری است، استفاده شد. این شبیه‌ساز به ما امکان می‌دهد تا هر نوع تنظیم تکنیک مربوطه را به راحتی شبیه سازی کنیم[۹]. لیزر شیت دراپسایزینگ(The Laser Sheet Dropsizing) (که به آن می/ لیف نیز گفته می‌شود) روشی برای تعیین توزیع اندازه قطرات دو بعدی در اسپری است[۱۰].

اسپری مخروطی توخالی در جریان متقاطع با استفاده از سیستم تحلیل تصویر ذرات و تکنیک‌های پردازش تصویر مورد آزمایش قرار دادند. آزمایش‌ها در داخل یک مجرای مستطیلی در دمای و فشار محیط انجام شد. زاویه‌های مختلف تزریق نازل و سرعت متقاطع در آزمایش‌ها بررسی شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که میدان جریان در سه حوزه اصلی قرار می-گیرد و تأثیر آن‌ها بر حرکت و توزیع قطره متفاوت است. هنگامی که اسپری در برابر گردش متقابل قرار دارد، ساختارهای منسجم بزرگتر القا می‌شوند و تأثیر بیشتری بر روند اختلاط می‌گذارند. شدت آشفتگی در لایه برشی افزایش می‌یابد و پراکندگی قطره بیشتر می‌شود[۱۱].

خصوصیات نازل‌های سوخت، مانند زاویه پراکندگی اسپری، اندازه قطره و توزیع سرعت و تبخیر تأثیر قابل توجهی در عملکرد احتراق دارد. کیفیت اتمیزه خوب باعث تبخیر سوخت و کاهش تقاضای انرژی احتراق می-شود[۱۲]. هندسه اسپری مشخص، اندازه قطره‌ای و توزیع سرعت باعث تعامل متفاوت سوخت با هوای محیط است[۱۳]. سیستم تصویربرداری با لیزر سرعت بالا یک روش مناسب برای تجزیه و تحلیل اسپری‌های تحت فشار است. این می‌تواند به طور بالقوه اطلاعات ارزشمندی در رابطه با هندسه پلوم فراهم کند. هندسه پولوم‌ها می‌تواند تحت تاثیر فشار بخار، هندسه نازل و مواد محرک قرار گیرد[١٤].

تکنولوژی¬های اتمیزاسیون به طور گسترده¬ای در زمینه¬های صنعتی مانند مواد شیمیایی، برق، کشاورزی و مهندسی پزشکی استفاده می¬شود[۱۵]. اطلاعات مربوط به اندازه و توزیع اندازه قطرات باعث می¬شود تا مکانیزم¬های اتمی¬سازی [۱٦] و بهینه¬سازی عملکرد مورد بررسی قرار گیرد[۱۷].

به دلیل استفاده از فناوری تزریق مستقیم، موتورهای بنزینی جرقه مستقیم عملکرد بسیار خوبی در پیشبرد اقتصاد سوخت و تولید برق نسبت به موتورهای بنزینی معمولی دارند؛ بنابراین از این موارد در زمینه خودرو بسیار استفاده می¬شود[۱۸]. تزریق جت مایع (اسپری) به درون یک جریان متقاطع گازی در کاربردهای مختلفی از قبیل خنک کننده فیلم پره های توربین، تزریق سوخت در احتراق¬های رمجت/ اسکرامجت، مخلوط کردن سوخت و هوا در پیش بخارها و احتراق ها استفاده می¬شود[۱۹]. مخلوط شدن سریع و کامل فضایی و زمانی بین مایع و گاز معمولاً برای اطمینان از سرمایش یا احتراق کارآمد مورد نیاز است[۲۰]. در بین انواع مختلف جت¬ها و اسپری¬ها، اسپری مخروطی توخالی (که عموما توسط یک انژکتور چرخش فشار تولید می¬شود) به دلیل مکانیزم فروپاشی ذاتی آن می¬تواند به اتمیزه شدن دقیق¬تر و گسترش بیشتر قطرات در فاصله کوتاه سبب شود[۲۱].





روش تحقیق

جریان چند فازی

یک فاز به سادگی یکی از حالات ماده است و می‌تواند گاز، مایع و یا جامد باشد. جریان چند فازی، جریانی است که بطور همزمان دارای چند فاز باشد. جریان دو فازی ساده‌ترین حالت از جریان‌های چند فازی می‌باشد.
برای شبیه‌سازی جریان چند فازی دو دیدگاه وجود دارد:

- دیدگاه اولر–اولر

این دیدگاه کلی‌ترین دیدگاه در شبیه سازی جریان چند فازی می‌باشد. به طور کلی هر جریان چند فازی را میتوان با این روش شبیه‌سازی کرد. ماژول جریان چند فازی نرم‌افزار فایر بر پایه این دیدگاه است.

- دیدگاه اولر- لاگرانژ

این روش یک رویکرد متفاوت از رویکرد اولر- اولر می‌باشد و اغلب برای شبیه‌سازی جریان‌هایی با میزان پراکندگی بالا که کسر حجمی فاز پراکنده آن معمولا کمتر از ۵ درصد باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحت این شرایط، دیدگاه اولر- لاگرانژ اجازه‌ی تجزیه معادلات کسر حجمی بین فازهای پراکنده و پیوسته را می‌دهد، بنابراین فرآیند حل را به میزان قابل توجهی ساده می‌کند. برتری این روش در شبیه‌سازی افشانه موتورهای احتراقی است. در این روش فاز گاز با مدل اولرین حل شده و فاز مایع با دیدگاه لاگرانژی حل می‌شود[۲۵].

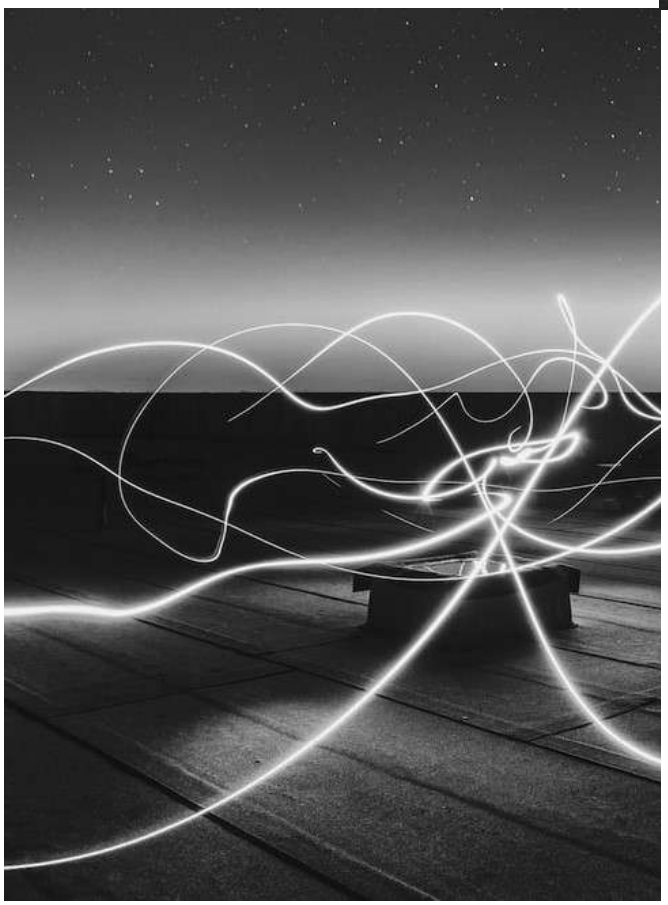
اتمیزه‌کردن

فرآیند اتمیزه شدن در هر کدام از جت‌های مایع یا صفحات از هم پاشیده شده بوسیله انرژی جنبشی خود مایع یا بوسیله ارائه سرعت زیاد هوا یا گاز، یا همانند انرژی مکانیکی خارجی اعمال شده از میان وسایل چرخشی حاصل می‌شوند. بدلیل تصادفی بودن فرآیند اتمایزیشن، اسپری حاصله معمولا بوسیله طیف وسیعی از اندازه قطرات مشخص می‌شوند. احتراق سوخت‌های مایع در موتور دیزل، موتورهای درون سوز، توربین‌های گازی، موتورهای راکت و کوره‌های صنعتی، برای افزایش مساحت سطح ویژه سوخت و فراهم نمودن میزان بالای اختلاط و تبخیر به کیفیت اتمایزیشن بستگی دارند. گسترش تئوری و مکانیزم قابل استفاده برای اتمایزرهای صنعتی را اولین بار لوردی لی ارائه داد که برای مایعات غیر ویسکوز در جت‌ها و در تحت شرایط آرام صادق است. با توجه به اینکه در توزیع اندازه ذرات و کارایی اتمیزه‌سازی پیشرانه مستقیماً بر پایداری و کارایی احتراق تأثیر می‌گذارد و این به نوبه خود بر کارایی و پایداری موتور تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، فرایند اتمی‌سازی برای پیشرانه مخلوط شده با ژل دشوارتر است. بنابراین، مسئله اتمیزه همچنان یکی از مشکلات اساسی فناوری پیشران ژل است. در سال‌های اخیر، محققان با استفاده از آزمایش‌ها، مطالعه‌های تحلیلی و شبیه‌سازی عددی تعداد زیادی مطالعه در مورد خصوصیات اتمی‌سازی انجام داده‌اند. پیشرانه‌های ژل، مزایای پیشرانه‌های مایع و جامد را با هم ترکیب کرده و در زمینه پرواز فضایی رواج پیدا می کنند. ژانگ و همکاران در سال ۲۰۱۷آزمایش‌هایی برای اتمیزه کردن چرخشی با استفاده از پیشرانه ژل آبی آمونیوم دینیترامید تحت فشار تزریق مختلف انجام داده‌اند. نازل چرخش باعث می‌شود ژل آمونیوم دینیترامید به خوبی اتمیزه شود. با افزایش فشار تزریق ،اس ام دی اسپری کاهش یافت. در مرحله اولیه افزایش فشار، میزان کاهش اس ام دی بزرگتر بود و با افزایش بیشتر فشار تزریق، به تدریج کاهش یافت. با افزایش فشار تزریق، توزیع اندازه قطرات به ذرات کوچکتر منتقل شد. همچنین، تحت فشار تزریق بیشتر، تعداد قطرات ذرات کوچک به میزان قابل توجهی افزایش یافت[۲۲].

عدد رینولد جریان متقاطع(اتومیزاسیون اولیه)، عدد رینولدز قطرات و تعداد قطرات تزریق شده در واحد زمان، به طور قابل ملاحظه‌ای بر ویژگی‌های قطره‌های جفت گرداب ضد چرخشی اثر می‌گذارد[۲۳]. اس ام دی با فاصله محوری برای اعداد رینولدز افزایش می‌یابد. این را می‌توان به همبستگی قطرات در هنگام حرکت به سمت پایین نسبت داد[۲۴].

بیان مسئله، نوآوری و ذکر اهداف

با ترکیب روش‌های فوق و استفاده از نقاط قوت و ضعف هرکدام، برای یک پلوم اسپری بهترین فاصله پاشش با روش تجربی اندازه‌گیری خواهد شد. از ترکیب نرم افزارهای متلب و ایمیج جی برای پردازش تصاویر و بدست آوردن فواصل، مساحت و ازنرم‌افزار اوریجین پرو برای رسم نمودارها استفاده خواهد شد.



جریان جت مایع واقعی (سیال ویسکوز) تاثیرات هوای اطراف و جریان آشفته نیز وجود دارد، وبر مکانیزی ارائه داد که ویسکوزیته، تنش سطحی و اثرات دانسیته مایع درآن منظور شده است. درسال ۱۹۳۰، اتمایز کردن به مرحله‌ای از خود رسید که در آن مقاومت هوا دخالت داده شده که هانلین، موجی را که در سطح جت تشکیل می‌شود و بر اثر افزایش سرعت جریان هوا بطور منظم افزایش می‌یابد گزارش داد. کاست لیمن، توزیع سرعت را تجزیه و تحلیل کرد و دانست درجه اتمایزیشن به حرکت موج ایجاد شده روی جت بستگی دارد و اعداد رینولدز بالا در لبه‌ها اسپری اتمایزشن سریعتر است. اتمیزاسیون از اعمال یک منبع انرژی به توده مایع حاصل می‌شود. عموما تمام اتمایزرها بسته به نوع انرژی که برای عمل خرد کردن مایع درآنها بکار رفته، دسته‌بندی میشوند.(همچون نیروهای فشارگریز از مرکز و انرژی جنبشی و ...) اکثر اتمایزرهای چرخشی، مایع را بر اثر سرعت زیاد در روی لبه دیسک، اکثر اتمایزرهای فشاری مایع را بر اثر فشار زیاد که در هنگام عبور از میان اوریفیس به آن اعمال می شود و اکثر اتمایزرهای بادی مایع را بر اثر برخورد، سرعت زیاد جریان هوا یا گازهای دیگر، اتمایز می کنند[۲۶].

ابتدایی‌ترین شکل اتمی‌سازی، شبه استاتیک قطره معلق یا قطره آویز شده است. این با تخلیه آهسته یک مایع از انتهای یک بورت و یا یک شیر آب چکه نشان داده می‌شود. هنگامی که نیروی جاذبه روی مایع از نیروی کششی سطح اتصال بیشتر شود، مایع از اتصال آن جدا می شود و شکل قطره‌ای ایجاد می‌کند. جرم قطره تشکیل شده با برابری نیروهای گرانشی و کشش سطحی بر روی قطره مشخص می‌شود. هنگامی که اتمیزه شدن در نتیجه تعامل بین یک مایع و هوای اطراف اتفاق می‌افتد، روند کلی اتمیزه کردن شامل چندین مکانیسم متقابل است که از جمله آن‌ها می‌توان شکسته شدن قطرات بزرگتر را در مراحل پایانی تجزیه جدا کرد. برای هر مایع داده شده، شرط اولیه برای تجزیه زمانی حاصل می‌شود که کشیدن آیرودینامیکی دقیقاً برابر با نیروی کشش سطحی باشد.

بطور شهودی، روند تجزیه قطره لحظه‌ای نیست. پیلچ و ادرمن[۲۷] تخمین‌های زیر از کل زمان ریزش قطرات به طور جداگانه، که به راحتی در محاسبات قابل اجرا هستند را پیشنهاد کردند: در این حالت ، tb زمان زمانی را که تمام فروپاشی‌ها به پایان رسیده است، مشخص می‌کند و We عدد وبر هست.

$$
\begin{aligned}
t_b &= 6(w_e - 12)^{-0.25} \\
t_b &= 2.45(w_e - 12)^{-0.25} \\
t_b &= 14.1(w_e - 12)^{-0.25} \\
t_b &= 0.766(w_e - 12)^{0.25} \\
t_b &= 0.766
\end{aligned}
\qquad (۱)
$$

نمونه گرافی توزیع اندازه قطرات

یک نمودارگویا برای بیان توزیع اندازه قطرات، رسم هیستوگرام اندازه قطرات می‌باشد. پهنای هر نمونه نشان دهنده قطراتی است که قطره آنها بین $D-\frac{\Delta D}{2}$ $D+\frac{\Delta D}{2}$ می‌باشد. اگر به جای تعداد قطرات، حجم منطبق بر قطرات موجود در محدوده $D-\frac{\Delta D}{2}$ $D+\frac{\Delta D}{2}$ را به عنوان هیستوگرام رسم کنیم منحنی توزیع به سمت راست حرکت می‌کند.

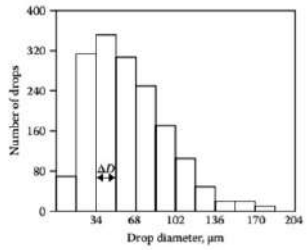
$12 < w_e < 18$

$12 < w_e < 45$

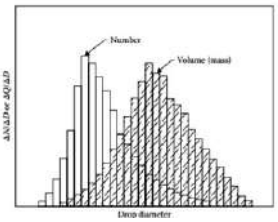
$45 < w_e < 351$

$351 < w_e < 2670$

$2670 < w_e < 10^5$

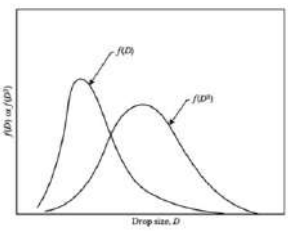


شکل۱-هیستوگرام از نوع اندازه قطر قطرات بر اساس تعداد[۲۶]



شکل۲-هیستوگرام اندازه قطره بر اساس تعداد و حجم[۲۶]

اگر مقدار خیلی کوچک شود هیستوگرام شکل محنی فرکانسی بخود خواهد گرفت. مساحت سطح زیر منحنی در توزیع فرکانسی برابر یک می‌باشد.



شکل۳-منحنی توزیع فرکانسی اندازه قطره بر حسب تعداد و حجم[۲۶]

توزیع نرمال

این تابع براساس پیشامد تصادفی اندازه قطر مفروض بنا شده است. معمولا در ترم‌های یک تعداد توابع توزیع f(D) که بر اساس تعداد ذرات با یک قطر مشخص D، باشد بیان شده است. داریم:

$$\frac{dN}{dD} = f(D) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}s_n}\exp[-\frac{1}{2s_n^2}(D-\bar{D})^2] \qquad (۲)$$

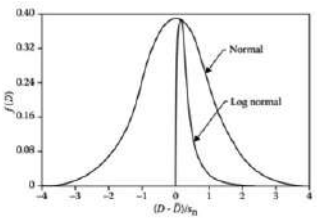
که Sn انحراف مقادیر D از مقدار متوسط است و ترم‌های S_n و S_n^2 به ترتیب انحراف استاندارد و واریانس می‌باشد.

توزیع لگاریتم نرمال

بسیاری از توزیع‌های اندازه ذره که در طبیعت وجود دارند به صورت توزیع نرمال و گوسی هستند. اگر از لگاریتم قطر ذرات به عنوان یک متغیر استفاده شود خواهیم داشت:

$$\frac{dN}{dD} = f(D) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}Ds_g}\exp[-\frac{1}{2s_n^2}(\ln D - \ln \bar{D}_{ng})^2] \qquad (۳)$$

که $\bar{D}_{ng}$ متوسط هندسی تعداد اندازه‌های قطر و Sg انحراف استاندارد هندسی هست.



شکل٤-منحنی توزیع نرمال و لگاریتمی[۲۶]

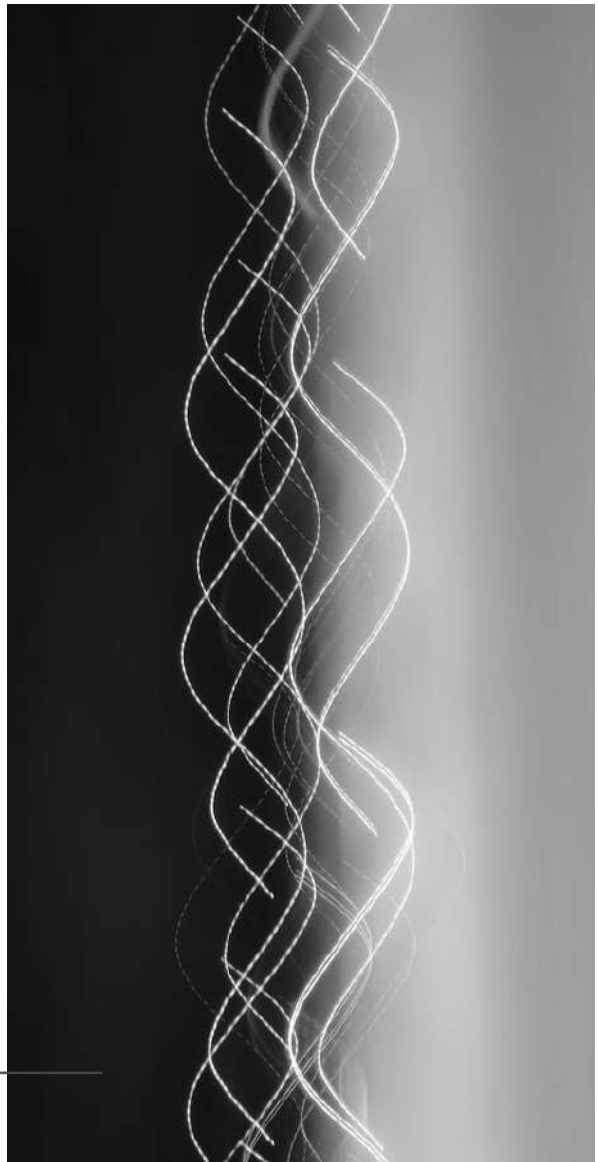
تعریف انواع قطر در یک اسپری

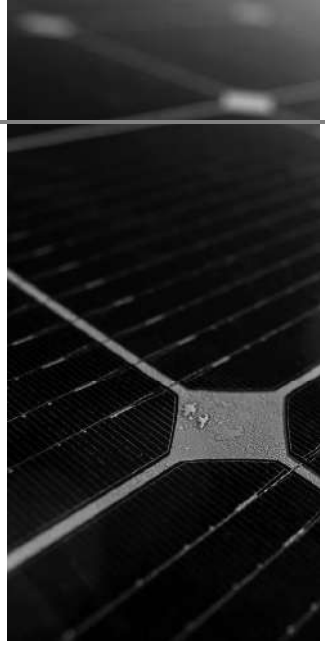
برای اکثر اهداف مهندسی توزیع اندازه قطرات در اسپری بصورت اشکال مختلف بیان می‌شود که بطور مختصر تابع دو پارامتر، یکی تعریف قطر و دیگری محدوده اندازه قطر است. بیان‌های زیادی در زمینه قطر وجود دارد که هرکدام نقشی در تابع توزیع خواهد داشت. این تعاریف عبارتند از:

- D ۰/۱: قطری است که ۱۰٪ ازکل حجم مایع دارای قطر کمتر از آن باشد.
- D ۰/۵ : قطری است که ۵۰٪ ازکل حجم مایع حاوی قطراتی با قطر کوچکتر از آن باشد. این قطر را قطر متوسط جرمی (MMD) نیز می نامند.
- D ۰/۶۳۲ : قطری است که ۶۳/۲٪ ازکل حجم مایع حاوی قطراتی با قطر کوچکتر از آن باشد.
- D ۰/۹: قطری است که ۹۰٪ ازکل حجم مایع حاوی قطراتی با قطر کوچکتر از آن باشد.
- D ۰/۹۹: قطری است که ۹۹٪ ازکل حجم مایع حاوی قطراتی با قطر کوچکتر از آن باشد.
- D_{peak} : قطری که روی پیک منحنی توزیع فرکانس اندازه قطر باشد اطلاق می شود.

$$D_{ab} = [\frac{\sum N_i D_i^a}{\sum N_i D_i^b}]^{1/(a-b)} \qquad (٤)$$

جایی که i دامنه اندازه در نظر گرفته شده را نشان می دهم، Ni تعداد قطره ها در اندازه i است و Di قطر متوسط دامنه اندازه یعنی i است. جایی که a و b می تواند مقادیر متناسب با اثر مورد بررسی باشد و جمع a + b ترتیب قطر متوسط گفته می‌شود.









بنابراین ، برای مثال ، D_{10} مقدار میانگین خطی تمام قطرات موجود در اسپری است. D_{30} قطر قطره ای که حجم آن است، اگر با تعداد قطره ها ضرب شود، با حجم کل نمونه برابر است. D_{32}، (SMD) قطر قطره ای است که نسبت حجم به سطح آن برابر با کل اسپری است.

مختصری بر پردازش تصویر

روش پردازش تصویر دیجیتال در بسیاری از شاخه‌های علوم و مهندسی با سطح موفقیت‌های متفاوت کاربرد دارد. اولین سعی و تلاش برای گسترش پردازش تصویر دیجیتال به سال ۱۹٦٤ برمی‌گردد که توسط ناسا به‌منظور گرفتن عکس از سطح ماه رهبری می‌شد. بعدها پردازش تصویر دیجیتال در حوضه‌های مختلف علوم مانند پزشکی، زیست‌شناسی و حتی هوانوردی به‌منظور پیش‌بینی وضع آب و هوا و نقشه‌برداری و کاربردهای نظامی و دفاعی و کنترل ترافیک شهری مورداستفاده قرار گرفت.

پردازش تصویر امروزه بیشتر به موضوع پردازش تصویر دیجیتال گفته می‌شود که شاخه‌ای از دانش رایانه است که با پردازش سیگنال دیجیتال که نماینده تصاویر برداشته شده با دوربین دیجیتال یا پویش شده توسط پویشگر هستند سر وکاردارد. پردازش تصاویر دارای دو شاخه عمده بهبود تصاویر و بینایی ماشین است. بهبود تصاویر شامل روش‌هایی چون فیلتر محو کننده و افزایش تضاد برای بهتر کردن کیفیت دیداری تصاویر و اطمینان از نمایش درست آنها در محیط مقصد است. درحالیکه بینایی ماشین به روشی می‌پردازد که بوسیله آن می‌توان معنی و محتوای تصاویر را درک کرد. عملیات اصلی در پردازش تصویر، فشرده‌سازی تصاویر بصورت JPEG، MP۳، MPEG و MPEG٤، بهبود و بازسازی شامل تمامی مجموعه کارهایی که به منظور اصلاح و از بین بردن نویز صورت می‌گیرد و بوسیله فیلترها بازسازی می‌شود، است.

ابزار آزمایشگاهی

دوربین تصویربرداری

برای تهیه تصاویر قابل تحلیل در پردازش تصویر از دوربین گوشی آیفون ۱۱ استفاده می‌شود. این ماژول دارای دو لنز واید ۱۲ مگاپیکسلی با دیافراگم f/۱٫۸ و یک لنز اولتراواید ۱۲ مگاپیکسلی دیگر با دیافراگم f/۲٫٤ است. تنها سخت‌افزار نیست که این گوشی را به یکی از بهترین گوشی‌های موبایل از نظر دوربین تبدیل کرده است. حالت تصویربرداری در شب این دسته از گوشی‌های آیفون را قادر می‌سازد تا در رابطه با عملکرد عکاسی در شب جزو دوربین‌های بسیار خوب باشند.



شکل۵-دوربین مورد استفاده

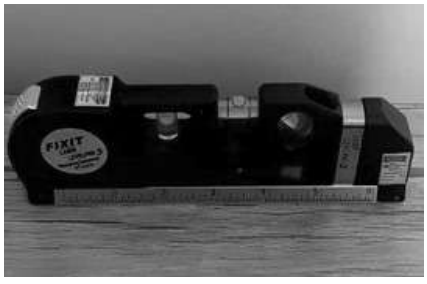
پلوم اسپری



شکل ٦-پلوم اسپری مورد استفاده

لیزر

لیزر مورد استفاده در آزمایش، لیزر حرفه‌ای سطح ۳ می باشد.



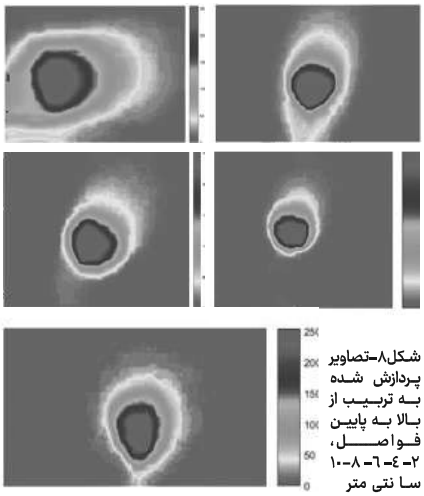
شکل۷-لیزر مورد استفاده

ایمیج جی

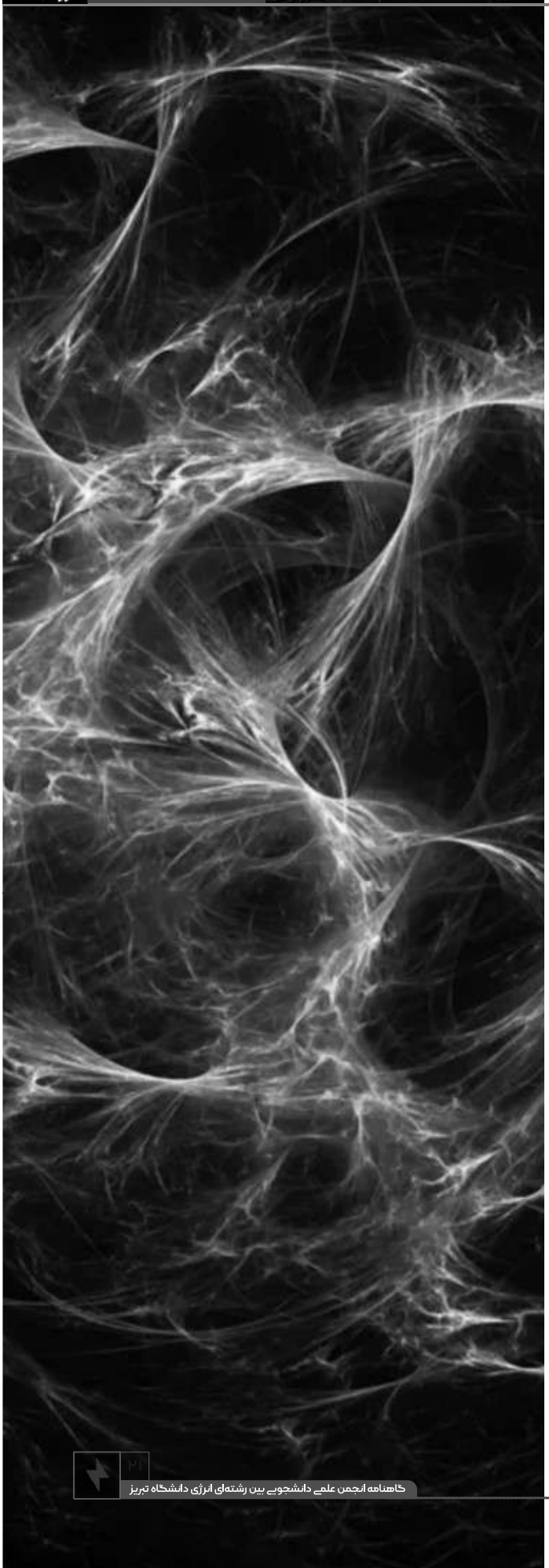
ایمیج جی نرم افزاری قدرتمند می باشد که ویژگی‌های متنوعی را در اختیار کاربر می‌گذارد. این نرم‌افزار قادر به نشان دادن، ویرایش، آنالیز، پرینت و ... تصاویر۸، ۱٦ و ۳۲ بیتی است. از بسیاری از فرمت ها مثل TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS و حتی RAW پشتیبانی می‌کند. این نرم افزار قادر به محاسبه سطح و مقدار پیکسل بر اساس انتخاب‌های کاربر است. این نرم افزار می‌تواند فواصل و زوایا را نیز اندازه بگیرد. ساخت هیستوگرام‌های چگالی و نمودارهای خطی به راحتی انجام می‌شود. شفاف کردن، یک دست کردن، تشخیص لبه و بسیاری دیگر امکان پذیر است. این نرم افزار کارهایی همچون تغییر دادن ابعاد تصویر، چرخاندن، و ... را نیز انجام می‌دهد. امکان کار با تعداد دلخواهی از تصاویر را به شما می‌دهد. تنها چیزی که شما را محدود می‌کند، مقدار رمی است که در اختیار دارید. اندازه گیری‌ها با واحدهایی نظیر میلیمتر به نمایش در می آیند.

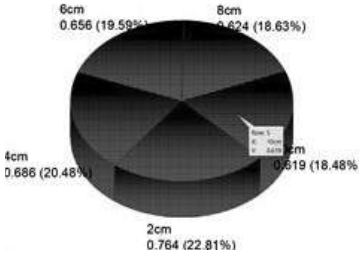
ارائه نتایج و بحث

نحوه‌ی پاشش اسپری به صورتی است که پس از حالت پایداری افشانه ها عکس برداری صورت گرفته شده است. درفواصل مختلف پاشش انجام شده و پردازش تصویر صورت گرفته و تصاویر تحلیل شده‌اند. درفواصل مشخص که در نمودار زیر آورده شده است، توزیع حالت‌های مختلف آورده شده است.



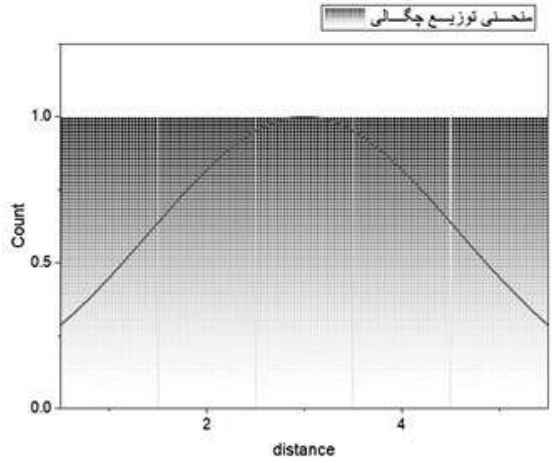
شکل۸-تصاویر پردازش شده به ترتیب از بالا به پایین فواصل، ۲- ٤- ٦- ۸- ۱۰ سانتی متر





نمودار۹- نمودار دایره‌ای برای مقایسه توزیع چگالی فواصل۲،٤،٦،۸،۱۰ سانتی‌متر از نورلیزر

با توجه به توزیع چگالی نسبت به فاصله، منحنی‌ای از این نقاط میگذرانیم و مشخص می‌شود بیشترین فراوانی و غلظت در بازه‌ی بین ۲ و ٤ سانتی متر خواهد بود.



نتیجه‌گیری

۱- افزایش فاصله باعث کاهش قطر میانگین و کاهش چگالی می‌شود.
۲-قطر میانگین قطرات خروجی، با افزایش زمان کاهش می‌یابد.
۳-چگالی افشانه نزدیک محور زیاد و با دور شدن از آن کاهش می‌یابد.
٤-باگذشت زمان طول نفوذ افشانه افزایش می‌یابد.
٥-تحلیل تصاویر نشان می‌دهد که با افزایش فاصله غلظت اسپری کاهش می‌یابد.
٦-رسم نمودار توزیع چگالی نشان می‌دهد که بیشترین غلظت در فاصله ۲ الی ٤ سانتی‌متر می‌باشد.

مراجع

[1] Bachalo, W.D. and Houser, M.J., 1984. Phase/Doppler spray analyzer for simultaneous measurements of drop size and velocity distributions. Optical Engineering, 5)23), pp.-583 590.Author, A., 1986. Book Name. Publisher Name, Address.

[2] Santer, B.D., Taylor, K.E., Penner, J.E., Wigley, T.M., Jones, P.D. and Cubasch, U., 1995. Towards the detection and attribution of an anthropogenic effect on climate (No. UCRL-ID119098-; PCMDI21-). Lawrence Livermore National Lab.(LLNL), Livermore, CA (United States).

[3] Talley, D., Verdieck, J., Lee, S., McDonell, V. and Samuelsen, G., 1996, January. Accounting for laser sheet extinction in applying PLLIF to sprays. In 34th Aerospace Sciences Meeting and Exhibit (p. 469)..

[4] Kawaguchi, T., Akasaka, Y. and Maeda, M., 2002. Size measurements of droplets and bubbles by advanced interferometric laser imaging technique. Measurement Science andz Technology, 3)13), p.308.

[5] Adiga, K.C., Hatcher Jr, R.tF., Sheinson, R.S., Williams, F.W. and Ayers, S., 2007. A computational and experimental study of ultra fine water mist as a total flooding agent. Fire Safety Journal, 2)42), pp.160-150.

[6] Santangelo, P.E., 2010. Characterization of high-pressure water-mist sprays: Experimental analysis of droplet size and dispersion. Experimental Thermal and Fluid Science, 8)34), pp.1366-1353.

[7] Ragucci, R., Cavaliere, A. and Massoli, P., 1990. Drop sizing by laser light scattring exploiting intensity angular oscillation in the mie regime. Particle & Particle Systems Characterization, 4–1)7), pp.225-221.

[8] Van de Hulst, H.C. and Wang, R.T., 1991. Glare points. Applied optics, 33)30), pp.4763-4755.

[9] Shen, H., Coëtmellec, S., Gréhan, G. and Brunel, M., 2012. Interferometric laser imaging for droplet sizing revisited: elaboration of transfer matrix models for the description of complete systems. Applied Optics, 22)51), pp.5368-5357.

[10] Düwel, I., Schorr, J., Wolfrum, J. and Schulz, C., 2004. Laser-induced fluorescence of tracers dissolved in evaporating droplets. Applied Physics B, 78, pp.131-127.



دانشگاه سبز

فائزه خوشخوی
کارشناسی ارشد
سنجش از راه دور

چرا باید دانشگاهمون رو به دانشگاه سبز تبدیل کنیم؟

در دنیای امروز، مفهوم دانشگاه سبز به عنوان یک رویکرد نوین در آموزش عالی و پژوهش های علمی رو به گسترش است. دانشگاه سبز به مجموعه‌ای از اصول و مقررات تعلق دارد که به منظور حفظ و بهبود محیط زیست، کاهش تاثیرات منفی بر آن و ارتقای پایداری اجتماعی و اقتصادی می پردازد.

اولین و مهم‌ترین دلیل بر اهمیت دانشگاه سبز، حفظ محیط‌زیست است. با توجه به تغییرات آب و هوایی، کاهش منابع طبیعی و آلودگی هوا و آب، دانشگاه‌ها باید نقش فعالی در حفظ محیط‌زیست داشته باشند. با اجرای سیاست‌های سبز در دانشگاه‌ها، می‌توان به کاهش مصرف انرژی، استفاده از منابع تجدیدپذیر، جداسازی و بازیافت زباله‌ها و کاهش آلودگی هوا و آب دست یافت. این اقدامات علاوه بر حفظ محیط زیست، همچنین می‌تواند در صرفه‌جویی در هزینه‌ها و افزایش کارآمدی دانشگاه‌ها نیز تاثیرگذار باشد.

دومین دلیل بر اهمیت دانشگاه سبز، تربیت نیروی انسانی سبز است. با توجه به پیشرفت روزافزون فناوری و نیاز رو به افزایش به نیروهای متخصص در زمینه‌های مرتبط با محیط زیست و توسعه پایدار، دانشگاه‌ها مسئولیت بزرگی در تربیت نیروی انسانی سبز دارند. این نیروها باید توانایی‌ها و مهارت‌های لازم برای مدیریت منابع طبیعی، طراحی و اجرای پروژه‌های پایدار و ارزیابی تاثیرات زیست محیطی را داشته باشند. با تربیت این نیروها، می‌توان به توسعه پایدار و حفظ منابع طبیعی در جهان کمک شایانی نمود.

سومین مورد، پژوهش‌های علمی در زمینه محیط‌زیست است. دانشگاه‌ها به عنوان مراکز علمی، مسئولیت بزرگی در انجام پژوهش‌های علمی در زمینه محیط‌زیست دارند. با انجام پژوهش‌های علمی مبتنی بر اصول دانشگاه سبز، می‌توان به کشف راهکارهای نوین در حفظ محیط‌زیست، بهبود فناوری‌های سبز و توسعه پروژه‌های پایدار دست یافت. این پژوهش‌ها می‌توانند به حل مشکلات محیط زیستی و توسعه پایدار در جهان کمک شایانی نمایند.

در نتیجه، دانشگاه سبز با تمرکز بر حفظ محیط‌زیست، تربیت نیروی انسانی سبز و انجام پژوهش‌های علمی در زمینه محیط زیست، نقش بسزایی در توسعه پایدار و حفظ منابع طبیعی جهان ایفا می‌کند. بنابراین، اهمیت دانشگاه سبز در جهان بسیار بزرگ و قابل توجه است و باید بگم که ما اول راهیم.....

از دید کشورهای در حال توسعه دانشگاه سبز یک ایده جالب نیست، اما باید بدونیم اگر هزینه‌ها در جاهای درست مصرف نشود، باعث می‌شود نتایج بعد از آن‌ها نامناسب و آسیب‌های زیادی بوجود آید. در بسیاری از دانشگاه‌های واقع در کشورهای در حال توسعه، عمده امکانات و خدمات صرف ارتقای علمی دانشگاه و تدریس دانشجویان می‌شود و مسائل زیست‌محیطی در درجه بعدی اهمیت قرار دارد. به دلیل درگیر بودن اغلب این دانشگاه‌ها با مسائل مالی و ضعف امکانات آموزشی، تلاش برای رسیدن به اهداف دانشگاه سبز به عنوان هدف اصلی در این دانشگاه ها مطرح نمی‌شود.

به طور مثال، در حالی که مطابق آمارهای شورای عالی انقلاب فرهنگی، کشور ما سومین کشور پرجمعیت دانشجویی است، اما هنوز قانونی رسمی برای پاسداشت محیط‌زیست دانشگاهی وجود ندارد و با توجه به روند کند فعلی، بعید به نظر می‌رسد که در مبحث دانشگاه سبز در یک بازه زمانی کوتاه مدت بتوانیم فاصله‌مان را با دانشگاه های مطرح جهان جبران کنیم.

اما دانشگاه های کشور ما هم دور از این دایره دانشگاه سبز نبودن، نظام رتبه‌بندي گرين‌متريک از سال ۲۰۱۰ با هدف ارائه چشم‌اندازي جامع از شرايط و سياست‌هاي مرتبط با محيط‌زيست و توسعه پايدار در دانشگاه‌هاي كشورهاي مختلف توسط دانشگاه دولتي اندونزي راه‌اندازي شده است، كه ۴۵ دانشگاه و مؤسسه ايراني در ليست سبزترين‌هاي جهان جاي گرفته‌اند. اين شاخص‌ها عبارتند از: محيط و زيرساخت (وزن ۱۵٪)؛ انرژي و تغييرات اقليمي (وزن ۲۱٪)؛ مديريت پسماند (وزن ۱۸٪)؛ آب (وزن ۱۰٪)؛ حمل و نقل (وزن ۱۸٪) و آموزش (وزن ۱۸٪).

و اگر بخواهیم با دانشگاه‌های سبز جهان آشنا بشویم، می‌توانیم دانشگاه‌های زیر را نام ببریم:

کالج آتلانتیک

این دانشکده کوچک در بارهاربر در ایالت مین، تنها یک رشته دارد و آن («بوم شناسی انسانی») یا مطالعه روابط ما با محیط زیستمان است. از این رو قرارگیری این کالج در صدر فهرست سبزترین دانشگاه ها که انتشار کربن صفر دارند کاملا منطقی به نظر می‌رسد. این دانشکده آغازگر یک روند بوده که در حال حاضر بیش از ۲۷۰ دانشگاه و کالج تلاش می‌کنند بخشی آن باشند. این برنامه تلاشی در راستای اشاره به گرمایش زمین با ایجاد شبکه‌ای از کالج‌ها و دانشگاه‌های متعهد به صفر کردن انتشار گاز گلخانه‌ای خود و تسریع تحقیقات و آموزش برای تجهیز جامعه به تثبیت شرایط جوی زمین است.

کالج میدلبری

این کالج مستقر در ورمونت، سرچشمه بسیاری از فعالیت‌های جوی است. گروه دانشجویی («میدشیفت») هیئت امنای این دانشگاه را مجبور به تصویب طرحی برای خنثی کردن اثرات کربنی دانشگاه تا سال ۲۰۱۶ کردند. دانشجویان همچنین این هدف خود را در برگزاری مسابقات ذخیره انرژی، افزایش استفاده از حمل و نقل عمومی از دانشگاه و تا دانشگاه و همچنین خاموش کردن دستگاه‌های ترموستات دانشگاه نیز پیش برده‌اند. دانشجویان، فارغ‌التحصیلان و اساتید دانشگاه با تشکیل ستادی به نام «StepItUp» تلاش کرده‌اند با تغییرات جوی مبارزه کنند.

اوبرلین کالج

اساتید و دانشجویان این دانشگاه برای رسیدن به یک حد مشخص در استفاده از انرژی در این کالج کوچک علوم انسانی در اوهایو برای ایجاد یک سیستم مانیتورکردن مبتنی بر وب در برخی از خوابگاه‌ها همکاری داشتند تا نشان دهند که چه میزان آب و انرژی مصرف شده و به دانشجویان بازخوردهایی در زمان واقعی بدهند تا براساس آن این دانشجویان عادت‌های مصرف خود را تغییر دهند. چندی پیش این دانشجویان با همکاری یک شرکت اجاره و خرید خودرو در شهر کلورلند یک برنامه به اشتراک گذاری خودرو راه اندازی کردند. این کالج همچنین داری بزرگترین آرایه خورشیدی اوهایو است و از محصولات پاک کننده ۱۰۰ درصد دوستدار زمین استفاده می‌کند.

دانشگاه هاروارد

این دانشگاه ابتکار دانشگاه سبز را در سال ۲۰۰۰ راه اندازی کرد و رشد آن را تا ایجاد ریشه‌های سبز ادامه داده است. هاروارد سرمایه گذاری‌های کلانی در بخش حفظ انرژی ساختمان‌های دانشگاه، معرفی برنامه خدمات پاککننده سبز و استفاده از محصولات محلی و اورگانیک در رستوران‌های دانشگاه کرده است. علاوه بر این ۲۰ پروژه ساخت و مرمت این دانشگاه از سال ۲۰۰۲ تاکنون عنوان سبز را یدک می‌کشند که این میزان از سایر دانشگاه‌های آمریکا بیشتر است. این دانشگاه با سوخت بیودیزل که آن را از روغن مصرف شده در آشپزخانه گرفته سوخت اتوبوس‌های دانشگاه را تأمین می‌کند.

دانشگاه دولتی کالیفرنیا، چیکو

این دانشگاه نیز یکی از برندگان جایزه بزرگ فدراسیون حیات وحش آمریکا است که دانشگاه‌ها را برای یافتن بهترین راه مقابله با گرمایش زمین به چالش می‌کشد. تمرکز این دانشگاه به ثبات پذیری و ساخت ساختمان‌هایی که پیشرو طراحی انرژی و محیط زیست هستند، نصب پنل‌های خورشیدی، حضور دانشجویان در پروژه‌های صرفه‌جویی در انرژی از جمله علت‌های قرارگیری این دانشگاه در فهرست دانشگاه‌های سبز بوده است.

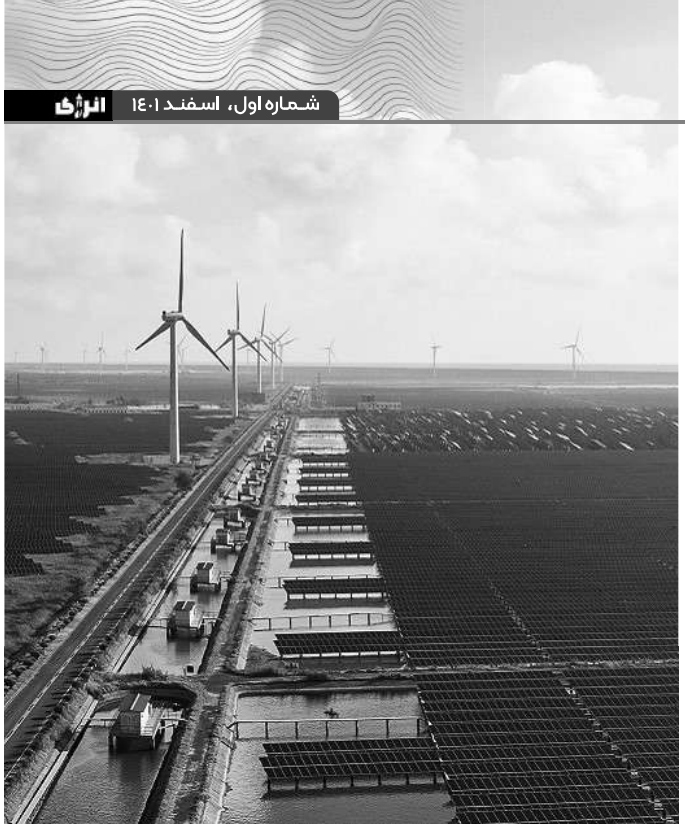
خب با این توضیحات کوچیک می‌توان گفت، پس زمینه‌ای باید در ذهن ما باشد که دانشگاه سبز چیست و چه کارهایی میتوانیم انجام بدیم و در کجای این دایره دانشگاه سبز هستیم و ما از شما دوستان و خودمان میخواهیم که قدمی در این راه برداریم و کمک دست محیط زیست باشیم.

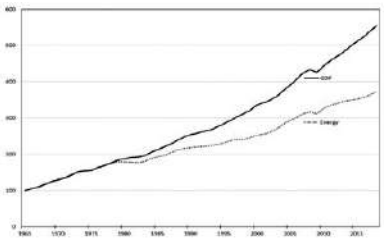
مروری بر کتاب گذار انرژی

سعید میرزایی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه شریف

برتراند کاسورت فارغ التحصیل دکترای مهندسی برق است. موضوعات مورد مطالعاتی او در سالیان اخیر در مورد وابستگی جوامع به انرژی، ارتباط بین انرژی و اقتصاد، گذار انرژی، انرژی هسته‌ای و انرژی‌های تجدید پذیر بوده است. وی چندین مقاله و کتاب در این زمینه‌ها برای عموم مردم منتشر کرده است. این کتاب، اهمیت گذار انرژی و مشکلات مربوط به آن را ارائه می‌دهد و توضیحی در مورد مفاهیم فیزیکی انرژی و نیرو ارائه می‌دهد و همچنین مصرف انرژی جهانی و وابستگی ما به انرژی را مرور می‌کند. این کتاب در مورد پیوندهای اقتصاد و انرژی بحث می‌کند. اشکالات و خطرات منابع مختلف انرژی را توضیح داده و سعی در مقایسه آنها دارد. با مرور منابع انرژی آینده، چندین سناریوی انتقالی را ارزیابی می‌کند. نشان می‌دهد که قوانین فیزیک از ظهور راه حل‌های ساده جلوگیری می‌کند، اما راه حل‌های بالقوه‌ای را پیشنهاد می‌کند و خوانندگان را ترغیب می‌کند تا فرآیندهای بهتری از منابع مختلف انرژی از تولید تا مصرف را توسعه دهند. در مورد مسائل فعلی گذار انرژی بحث می‌کند و چندین سناریوی انتقال انرژی و مشکلات مرتبط با آنها را ارائه می‌دهد و همچنین پیوندهای بین اقتصاد و انرژی را تشریح و اهمیت بحث جهانی در مورد انرژی را برجسته می‌کند. کاسورت در این کتاب سئوال انرژی چیست را بیان می‌کند و این گونه جواب می‌دهد: مفهوم انرژی آنقدر ساده نیست که بتوان به آن نزدیک شد. انرژی همیشه قابل‌مشاهده یا قابل‌لمس نیست. تعیین کمیت آن دشوار است. انرژی لزوما مادی نیست و وجود آن حتی ممکن است نادیده گرفته شود. با این حال، انرژی برای زندگی ضروری است. انرژی به طور قابل‌توجهی بر فعالیت‌های ما تاثیر می‌گذارد. در ادامه مبحث اهمیت انرژی بیان می‌شود. فعالیت اقتصادی، یعنی تمام اقداماتی که جمعیت انسانی باید انجام دهند تا نیازهای خود را به لطف تولید کالاها و خدمات برآورده سازند، نیازمند انرژی است. به گفته تیم مورگان ، اقتصاد موضوع پول نیست بلکه تابعی از انرژی اضافی است، به عبارت دیگر انرژی در دسترس ما. به گفته اقتصاددان، مارتن ون موریک ، متخصص در تحلیل بازار نفت، و اسکار اسلینگرلند ، مدیر صنعت نفت، «مشکلات تامین انرژی به ناچار رشد جهانی تولید ناخالص داخلی را محدود خواهد کرد». رشد اقتصادی و ثروت واقعی با کاری که متکی بر ماشین‌آلات و انرژی است بدست می‌آید و نه با جابجایی پول.







شکل ۱. رابطه بین مصرف انرژی اولیه و تولید ناخالص داخلی در دنیا [BP]

در ادامه کتاب به گرمایش جهانی یکی از ضرورت‌های مهم گذار انرژی پرداخته می‌شود.

۸۰ ٪ انرژی مصرف‌شده در سراسر جهان از یک منشا فسیلی است، یعنی از یک منبعی گرفته شده‌است که نمی‌تواند تجدید شود در حالی که نیاز به افزایش تدریجی دارد. انرژی بیشتری باید سال‌به‌سال در دسترس قرار گیرد، که به این معنی است که نفت یا گاز بیشتری باید نسبت به سال قبل استخراج شود. واضح است که این هجوم ناگهانی باید یک روز متوقف شود. ما ممکن است به خوبی فکر کنیم که این کمبود برای مدت طولانی رخ نخواهد داد، اما واضح است که این اتفاق خواهد افتاد. در فصل ۷ این کتاب به سناریوهای گذار انرژی اشاره می‌شود و برای انواع انرژی: انرژی خورشیدی، انرژی بادی، انرژی زیستی، انرژی هسته‌ای و همچنین افزایش دما سناریوهایی تا سال ۲۰۵۰ تدوین شده است و تولید هریک از انواع انرژی پیش‌بینی شده است. در فصل ۸ این کتاب به روش‌های بهره‌وری انرژی اشاره می‌شود. برای کاهش نیاز به انرژی، اهرم «بهره‌وری» به اتفاق آرا حمایت را کسب می‌کند زیرا این به معنای مصرف کم‌تر برای خدمات برابر به لطف تکنولوژی است. قوانین فیزیک دلالت بر حفاظت از انرژی دارند. فراموش نکنیم که انرژی تنها می‌تواند تبدیل شود اما ایجاد نمی‌شود. هیچ پیشرفت تکنولوژیکی نتایج این محاسبات را تغییر نخواهد داد. در واقع، مقدار انرژی مورد نیاز به طور قابل‌توجهی به دلیل تلفات اجتناب‌ناپذیر بیشتر است، که بهره‌وری انرژی تلاش می‌کند آن را به حداقل برساند. بهره‌وری انرژی همچنین می‌تواند شامل تلاش برای استفاده مجدد از انرژی ذخیره‌شده باشد. برای حفظ جرم در سرعت ثابت در خلا، تامین انرژی ضروری نیست. اما در مورد وسیله نقلیه‌ای که روی زمین حرکت می‌کند، هوا، لاستیک و اصطکاک مکانیکی اجتناب‌ناپذیر است. در این حالت، بهره‌وری انرژی شامل به حداقل رساندن اصطکاک هوا به لطف طراحی ایرودینامیک بهینه است. اما «بهینه» هرگز به معنای «کامل» نخواهد بود.پیشرفت‌های قابل‌توجهی در بهره‌وری انرژی پس از بحران‌های نفتی ۱۹۷۴ و ۱۹۷۹ حاصل شده‌است. در نتیجه، به دلیل موتورهای کارآمدتر، مصرف متوسط وسایل نقلیه در ۴۰ سال گذشته به طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش‌یافته است. به طور کلی، فن‌آوری‌های دیجیتال می‌توانند با کنتورهای هوشمند الکتریکی، دستگاه‌های اندازه‌گیری و کنترلرهای سرعت الکترونیکی،



[گذار انرژی]

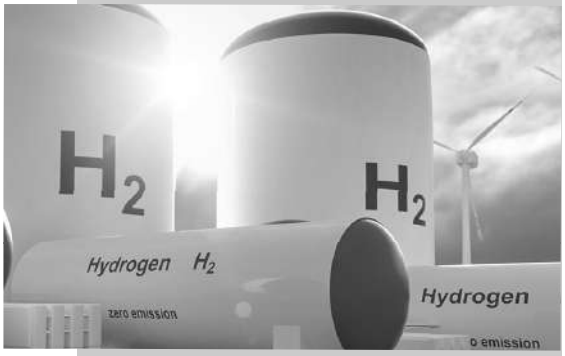
به ما کمک کنند تا مصرف خود را بهینه کنیم. اما، در نتیجه، جامعه ما روز به روز بیشتر و بیشتر به الکترونیک و مراکز انرژی‌بر وابسته می‌شود، و روز به روز پیچیده‌تر و شاید آسیب‌پذیرتر می‌شود. گاهی اوقات ممکن است کسی بخواهد با این باور که هوش می‌تواند جایگزین انرژی شود، مردم را به رویا فرو ببرد. سیستم‌های هوشمند فقط می‌توانند به مدیریت بهتر انرژی کمک کنند. در فصل ۹ به مباحث بسیاری که در مورد رابطه انرژی و پول وجود دارد: مالیات‌های کربن، مالیات بر محصولات نفتی، سهم خدمات عمومی برق نرخ بشکه نفت، قیمت کیلووات ساعت، هزینه‌های تنظیم، از بین بردن زباله‌های هسته‌ای و مدیریت هزینه‌ها، یارانه‌های تولید انرژی تجدید پذیر، گرم شدن جهانی و هزینه‌های مرتبط با آلودگی می‌پردازد. انرژی فسیلی در مقایسه با خدمات عظیمی که ارائه می‌دهد، اصلا گران نیست. دیر یا زود، ما باید کم‌تر از آن مصرف کنیم و جایگزین کردن آن لزوما بسیار گران خواهد بود. با توجه به مصرف برق، مهم است به یاد داشته باشید که منابع بادی و فتوولتائیک لزوماً در صورت نیاز انرژی تولید نمی‌کنند. بنابراین، آن‌ها باید در اصل به عنوان منابع اضافی دیده شوند اما نه به عنوان راه‌حل‌هایی برای جایگزین کردن دیگر روش‌های تولید. توسعه اینترنت احتمالا در گسترش تئوری‌های توطئه و باورهای بی‌اساس متعدد نقش داشته‌است. حوزه انرژی نیز از این قاعده مستثنی نیست. در مقالات به طور منظم در مورد تکنولوژی‌های معجزه آسایی که انرژی را به طور فراوان تولید می‌کنند و یا به مصرف نرسانند، منتشر می‌شود. هیدروژن اغلب به عنوان یک انرژی پاک ارائه می‌شود. خودروهای هیدروژنی وجود دارند و چیزی غیر از آب را آزاد نمی‌کنند؛ این درست است اما در طبیعت هیدورژن به‌ندرت وجود دارد. این انرژی در حال حاضر از طریق تبدیل متان تولید می‌شود که یک انرژی فسیلی است. هم چنین با الکترولیز آبی می توان آن را به لطف الکتریسیته تولید کرد در نتیجه یک روش ذخیره‌سازی انرژی فراهم می‌کند. به دلیل تلفات اجتناب‌ناپذیر، مقدار انرژی جمع‌آوری‌شده لزوما کم‌تر از مقدار قبلی است؛ برای جمع‌آوری ۱ کیلووات ساعت برق، شما باید ۳ کیلووات ساعت تولید کرده باشید و چشم‌انداز بهبود کم است. فن‌آوری سلول سوختی، که هیدروژن را به الکتریسیته تبدیل می‌کند، جدید نیست. ناسا از آن برای رفتن به ماه استفاده کرد.

عنوان فصل ۱۱ «ما چه کاری بکنیم؟» است که به طور خلاصه به مطالب زیر اشاره دارد:

- افزایش بازده و کارایی انرژی
- گذار انرژی از نفت و گاز به الکتریسیته
- تولید برق با روش‌های قابل کنترل و آلودگی کمتر
- توسعه سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر

در فصل آخر کتاب نویسنده به نتیجه‌گیری می‌پردازد و چشم‌اندازهای گذار انرژی را ارائه می‌دهد و به طور خلاصه به صورت زیر است:

« امنیت انرژی برای توسعه انرژی‌های نو بسیار پیچیده‌تر است زیرا به سبک زندگی و تغییرات در روش سازماندهی جامعه مرتبط است. مصرف انرژی امکان جایگزینی انسان با ماشین و ایجاد اقتصاد را فراهم کرده‌است. به زودی، کمبود منابع انرژی فسیلی لزوما رخ خواهد داد و انرژی‌های تجدیدپذیر یا هسته‌ای جایگزینی آن‌ها را جبران نخواهند کرد. اگر فقط مصرف ما ثابت باشد، با افزایش سالانه جمعیت جهان، مصرف انرژی افزایش پیدا خواهد کرد. مصرف انرژی جهان باید تا ۴۰ ٪ افزایش یابد. توسعه انرژی هسته‌ای بدیهی است ولی انرژی هسته‌ای می‌تواند خطرناک باشد اما نسبت سود به ریسک تا حد زیادی به نفع آن است و ما با استفاده از آن با مشکلات زیادی مواجه نخواهیم شد. انرژی هسته‌ای یک راه‌حل معجزه آسایی نیست همانند منابع انرژی تجدید پذیر، برخی جبران کمبود انرژی و راهی برای وابستگی کم‌تر به منابع فسیلی خواهد بود. بهره‌برداری بیشتر از منابع انرژی فسیلی در نتیجه افزایش آلودگی و گرمایش جهانی با پیامدهایی چون بیماری‌های تنفسی، سیل، طوفان و .... منابع انرژی تجدیدپذیر مدت‌ها قبل از منابع فسیلی مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفتند. با تحلیل تمام شدن منابع فسیلی، منابع انرژی تجدیدپذیر و هسته‌ای به زودی برای جایگزینی مناسب آن‌ها آماده نخواهند شد، و با توجه به محدودیت بهره‌وری انرژی، مشکلات ما به وضوح بدتر خواهد شد.»



۲۴
گاهنامه انجمن علمی دانشجویی بین رشته‌ای انرژی دانشگاه تبریز

هوش مصنوعی و انقلاب در صنعت انرژی

کریم اخوان، کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی شریف

امروزه وجود هوش مصنوعی در تمامی حوزه‌ها دیده می‌شود اما بیشتر کاربرد آن برای عموم مردم به دستیارهای صوتی هوشمند (سیری، گوگل اسیستنت، الکسای آمازون و ...) ختم می‌شود. حال این‌که اکثر این موارد نمونه‌های «هوش مصنوعی ضعیف» می‌باشند که صرفاً با پردازش اطلاعات داده شده توسط کاربر، وظیفه خاصی را انجام می‌دهند (مثلاً ارسال ایمیل از سوی کاربر) در حالی که در نسخه‌های «هوش مصنوعی قوی»، سیستم براساس شرایط و رویدادها اقدام به تصمیم‌گیری و انجام کار مورد نیاز می‌کند. مثلاً در حوزه انرژی، یادگیری ماشینی می‌تواند با استفاده از داده‌های موجود موجب افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها شود.

تجارت برق

برق در بازارهای آزاد همچون دیگر محصولات قابل خرید و فروش است. برای عملکرد بهینه‌ی این بازارها، مقادیر بسیار زیادی از داده، از داده‌های به پیش‌بینی وضع هوا تا مقدار عرضه و تقاضا در بازار، باید به‌طور مداوم توسط فروشندگان، خریداران و واسطه‌های خرید و فروش این حوزه آنالیز شود. برگ برنده این بازی نیز در دست آن‌هایی هست که این داده‌ها را بهتر ارزیابی می‌کنند. برای مثال، در سال ۲۰۱۸ شرکت گوگل در سیستم هوش مصنوعی خود معروف به دیپ‌مایند (DeepMind) با ترکیب داده‌های مربوط به وضع هوا و همچنین داده‌های انرژی مربوط به تاسیسات خود و آموزش شبکه عصبی آن، موفق به پیش‌بینی ۳۶ ساعته خروجی انرژی این تاسیسات شد.

مصرف هوشمند انرژی

نیمی از مصرف‌کنندگان انرژی در ایالات متحده آمریکا از کنتورهای برقی هوشمند استفاده می‌کنند تا با اطلاع از میزان مصرف شخصی، مصرف انرژی خود را تنظیم کنند. کنتورهای مجهز به هوش مصنوعی با آن‌که هم‌اکنون رایج نیستند، می‌توانند در کمک به تنظیم و کاهش مصرف انرژی به کمک مصرف‌کنندگان بیایند. این دستگاه‌ها توانایی ارتباط با دیگر لوازم برقی موجود در خانه را دارند تا با کنترل و کاهش مصرف، هزینه تحمیلی بر مصرف‌کننده را کاهش دهند. برای مثال می‌توان از چنین دستگاهی در کنترل سیستم‌های خنک‌کننده محیط، مدیریت برق لوازم روشنایی، و شارژکننده لوازم الکتریکی اشاره کرد؛ بدین شکل مثلاً سیستم می‌تواند در زمان‌های کاهش و افزایش مصرف انرژی به کنترل خودکار توزیع انرژی بپردازد.

همچنین، توانایی این دستگاه‌ها در تطبیق و یادگیری الگوهای مصرف کاربران و تصمیم‌گیری براساس این الگوها می‌تواند به کاهش چشمگیر مصرف انرژی در جمعیت‌های بزرگتر بی‌انجامد.

ذخیره هوشمند انرژی

هوش مصنوعی با ترکیب و یکپارچه‌سازی تکنولوژی‌های متفاوتی هم‌چون ریزشبکه‌های با انرژی تجدیدپذیر، ذخایر باطری و پمپ‌های هیدرولیکی می‌تواند باعث بهبود سیستم‌های ذخایر انرژی فعلی شود. نقش ذخیره انرژی در شبکه‌های مدرن همراه با تکثیر منابع انرژی متناوب مانند باد و خورشیدی که فشار بیشتری را برروی کارگزاران انرژی ایجاد می‌کند تا تعادل بین عرضه و تقاضا را افزایش دهند، به سرعت در حال رشد است. با بهبود فناوری و پایین آمدن هزینه‌ها، ذخیره انرژی هوشمند در خدمات جانبی شبکه نقش بیشتری ایفا می‌کند و به اپراتورهای شبکه کمک می‌کند تا انتقال انرژی از ژنراتورها به مصرف‌کننده‌ها را تنظیم کنند.

در زمان شکاف تقاضا، عرضه، هوش مصنوعی می‌تواند امکان تخصیص بهینه‌تری را فراهم کند و در این صورت می‌تواند موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای استفاده‌های بعدی شود. یکپارچه‌سازی سیستم‌های ذخیره‌سازی متمایز نه‌تنها باعث بیشینه‌سازی توجیه اقتصادی می‌شود، بلکه سیستم‌های هوشمند ذخیره انرژی با بهبود فرکانس و کنترل ولتاژ ناشی از تولید برق متناوب، ایمنی و امنیت را بهبود می‌بخشد. شرکت ذخیره‌سازی انرژی Younicos مستقر در برلین از سال ۲۰۰۵ تاکنون جزو رهبران بازار در توسعه و استقرار چنین سیستم‌های انرژی یکپارچه‌ای بوده است.

ربات‌ها

یکی از کاربردهای هوش مصنوعی که بطور مستقیم می‌تواند در صنعت انرژی اثرگذار باشد، استفاده از ربات‌های هوشمندی است که جایگزین نیروهای انسانی در موقعیت‌های خطرناک می‌شوند. برای مثال می‌توان به استفاده از این ربات‌های خودکار هوشمند در بررسی خطوط انرژی ولتاژ بالا اشاره کرد.

همکاری دو طرفه ExxonMobil با MIT از طریق طرح انرژی MIT یکی از این پروژه‌ها است که برای توسعه هرچه بیشتر توانایی ربات‌های خودکار در انجام کارهای پیچیده و بدون نیاز به اپراتور طراحی شده است. پروفسور MIT برایان ویلیامز و تیمش در نظر دارند که ربات‌های خودآموز خود را مشابه Mars Curiosity Rover (ربات کاوشگر ناسا در مریخ) طراحی کنند و کف دریا را برای کاوش و استفاده بیشتر بررسی کنند. Lori Summa، دانشمند علوم زمین، مشاور اصلی سابق ExxonMobil در پروژه ربات غوطه‌ور MIT، این نوآوری‌ها را جهت «پیشروی تحقیقات انرژی برای حل چالش‌های آینده» ضروری دانست.

آینده‌ی انرژی

با تاثیرات ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹، تأکیدات و سرمایه‌گذاری‌های بیشتری بر افزایش بهره‌وری اقتصادی در حوزه انرژی شده است. به‌همین منظور نیز استفاده از یادگیری ماشینی برای افزایش قدرت پیش‌بینی، افزایش شفافیت در تجارت انرژی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، مدیریت ذخایر انرژی، و همچنین استفاده از پهپادهای بدون‌سرنشین توسط بازیکنان این صنعت افزایش یافته است.

همگرائی هوش مصنوعی قوی و حوزه انرژی برای مصرف‌کنندگان در سراسر دنیا می‌تواند تاثیرات بسزایی داشته باشد. در این زمینه بیل گیتس در سخنرانی ۲۰۱۷ خود برای فارغ‌التحصیلان سراسر جهان گفت: «اگر امروز کار خود را شروع می‌کردم و به دنبال همان نوع فرصت برای تأثیرگذاری بزرگ در جهان می‌گشتم، این حوزه‌ها را در نظر می‌گرفتم. یکی هوش مصنوعی است. ما تازه بطور سطحی شروع به استفاده از همه روش‌هایی کرده‌ایم که باعث می‌شود زندگی مردم تولید و خلاقیت بیشتری داشته باشد. مورد دوم انرژی است، زیرا پاک‌سازی، مقرون‌به‌صرفه کردن و قابل اعتمادسازی آن برای مبارزه با فقر و تغییرات آب و هوایی ضروری است.»



منبع:

Cohen, A. (n.d.). Get smart: Ai and the energy sector revolution. Forbes. Retrieved March ,14 2021, from https://www.forbes.com/sites/arielcohen/31/08/2020/get-smart-ai-and-the-energy-sector-revolution

نقش رشته مهندسی‌شیمی در تحلیل مسائل مربوط به انرژی

سعید میرزایی، دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی‌شیمی، دانشگاه شریف



امروزه، اهمیت انرژی و نقش اساسی آن به‌عنوان حرکت‌دهنده بخش‌های اقتصادی یک کشور بر کسی پوشیده نیست. محدود بودن منابع سوخت‌های فسیلی که عمده‌ترین منبع تولید انرژی در جهان به شمار می‌رود، از یک‌سو و آثار مخرب زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه انرژی، از سوی دیگر استفاده منطقی از انرژی را به یک ضرورت انکارناپذیر تبدیل کرده است. از طرف دیگر، افزایش روزافزون بهای انرژی، چه در جهان و چه در ایران، سهم انرژی را در قیمت تمام شده محصولات افزایش داده‌است و به‌عنوان یک انگیزه اقتصادی نیز بخش‌های مختلف را به بهینه‌سازی مصرف انرژی ترغیب می‌کند. آمار و ارقام تهیه شده در زمینه مصرف انرژی نشان می‌دهد که از میان بخش‌های مختلف اقتصادی یک کشور نظیر خانگی، تجاری، حمل‌ونقل، صنعت، کشاورزی و... ، بخش صنعت به طور متوسط مصرف‌کننده ۳۰ درصد از کل انرژی اولیه در دسترس یک کشور است. این در حالی است که بر اساس مطالعات انجام شده تقریباً یک‌سوم این انرژی نیز به علل مختلف از جمله بهینه نبودن طراحی‌ها، راهبردی ناصحیح، پایین بودن راندمان یا خرابی سیستم‌ها و تجهیزات و... در بخش صنعت به هدر می‌رود و چنانچه اقدامات مناسب صورت پذیرد، این مقدار قابل صرفه‌جویی خواهد بود.

بخش صنعت خود شامل رشته‌های گوناگون است که هرکدام از نظر مصرف انرژی دارای رتبه خاصی هستند. از میان این رشته‌ها ۶ صنعت به‌عنوان صنایع به شدت انرژی‌بر شناخته شده‌اند که به ترتیب میزان انرژی بری عبارت‌اند از:

۱. صنایع شیمیایی و محصولات وابسته؛
۲. صنایع تولید فلزات اساسی؛
۳. صنایع نفت، گاز و پتروشیمی؛
٤. صنایع کانی غیرفلزی نظیر سیمان و شیشه؛
۵. صنایع چوب و کاغذ و محصولات وابسته؛
٦. صنایع غذایی و آشامیدنی

ذکر نام صنایع شش‌گانه مذکور به‌عنوان صنایع انرژی‌بر ارتباط بی‌چون‌وچرای مهندسی شیمی را با مسئله انرژی به‌عنوان اولین در بافت مشخص می‌سازد. اگرچه این ارتباط عام است و نقش اساسی مهندسان شیمی را در طراحی بهینه فرایندهای شیمیایی و راهبری درست آنها در تمام کشورهای جهان نشان می‌دهد. توضیحات زیر این نقش را برای مهندسان شیمی در ایران به‌مراتب برجسته‌تر می‌کند و وظیفه ایشان را در شناخت مسائل انرژی در صنعت دوچندان می‌سازد.

راهکارهای بررسی مصرف انرژی در صنایع و نقش مهندسی شیمی به‌طورکلی، مصرف انرژی در یک صنعت فرایندی را می‌توان از دو دیدگاه مختلف مورد بررسی قرارداد: ۱. دیدگاه تجهیزاتی ۲. دیدگاه فرایندی در دیدگاه اول، واحدهای عملیاتی تشکیل‌دهنده یک فرایند نظیر رآکتور، برج، مبدل، بویلر، کوره، پمپ، کمپرسور و غیره به طور مستقل و منفصل مورد مطالعه قرار می‌گیرد و مشخصات طراحی و شرایط راهبری آن از نظر تولید و مصرف انرژی بررسی می‌شود.

در دیدگاه دوم، برعکس دیدگاه اول، واحدهای عملیاتی در ارتباط با یکدیگر دیده می‌شوند. جریان‌های ورودی و خروجی همه این واحدها در کنار یکدیگر فرایند را



می‌سازند و این فرایند به‌صورت یکپارچه مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر قرار است هوای ورودی به کوره پیش گرم شود یا از حرارت خروجی دودکش استفاده شود، این تصمیمات در ارتباط با سایر جریان‌های فرایند و به‌صورت یکپارچه گرفته می‌شوند؛ لذا لازم است که اثرهای متقابل واحدهای عملیاتی روی یکدیگر به‌دقت شناخته و تأثیر هرگونه تغییری در یک نقطه از فرایند روی سایر قسمت‌ها بررسی شود.

به مطالعاتی که از دیدگاه اول تبعیت می‌کند، اصطلاح ممیزی انرژی و به مجموعه روش‌هایی که دیدگاه دوم را تحقق می‌بخشند، یکپارچه‌سازی فرایند می‌گویند. ممیزی انرژی و نقش مهندسی شیمی کلمه ممیزی، چه در فرهنگ لغت و چه در اصطلاحات عامه، در ابتدا بررسی حساب‌های مالی یک سازمان را تداعی می‌کند. تعیین میزان و نحوه درآمد و هزینه یک شرکت، تعیین مقادیر معقول و منطقی برای این درآمد و هزینه، میزان انحراف مقادیر واقعی از مقادیر منطقی، محاسبه سود و زیان و بالاخره ارائه پیشنهاد به‌منظور بهبود شرایط مالی یک شرکت را از طریق یک متدولوژی مشخص ممیزی می‌گویند. ممیزی انرژی نیز معنی و مفهوم مشابهی دارد. شناخت وضع موجود یک فرایند از نظر تولید و مصرف انرژی، تعیین وضع مطلوب برای همین فرایند و نهایتاً ارائه پیشنهاد برای رسیدن از وضع موجود به وضع مطلوب سه مرحله اساسی در یک پروژه ممیزی انرژی است[۲].

الف) شناخت وضع موجود در این مرحله، ضمن جمع‌آوری اطلاعات عمومی از صنعت موردنظر مانند میزان و تنوع محصولات، ساعات کارکرد، آمار کارکنان و غیره، تمام واحدهای عملیاتی و تجهیزات تولید یا مصرف‌کننده انرژی مورد بررسی قرار می‌گیرد و اطلاعات لازم برای موازنه انرژی و مواد آنها نظیر دبی، دما، فشار و غلظت و همچنین پارامترهای مؤثر در راندمان آنها نظیر ابعاد هندسی گردآوری و در صورت لزوم اندازه‌گیری می‌شود.

ب) تعیین وضع مطلوب در این مرحله، پس از محاسبه راندمان برای تک‌تک تجهیزات و همچنین محاسبه شدت انرژی برای تولید هرکدام از محصولات و سپس مقایسه مقادیر به‌دست‌آمده با مقادیر مربوط به تجهیزات و فرایندهای تولیدی مشابه، شرایط مطلوب تعریف خواهد شد.

ج) ارائه پیشنهادهای اصلاحی در آخرین مرحله از ممیزی انرژی فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی که اختصارة Eco نامیده می‌شود، شناسایی و برای رسیدن به وضعیت مطلوب پیشنهاد می‌شود.

این پیشنهادها همراه با یک امکان‌سنجی اولیه شامل بررسی‌های علمی، فنی و اقتصادی خواهند بود. نتایج این بحث به طور خلاصه عبارت است از: و محدود بودن منابع سوخت فسیلی و آثار مخرب زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه آن، صرفه‌جویی انرژی را به یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر مبدل کرده است. آمار و ارقام نیز نشان می‌دهند که این امر در کشور ایران از حساسیت بیشتری برخوردار است. و ازآنجاکه صنایع انرژی‌بر صنایعی هستند که مهندسان شیمی در طراحی و راهبری آنها نقش اساسی و کلیدی دارند، لذا لزوم آگاهی مهندسان شیمی در مورد مسائل انرژی بیشتر از سایر رشته‌های مهندسی احساس می‌شود. ممیزی انرژی به‌عنوان یک دیدگاه تجهیزاتی به صنعت شامل اجزا و روش‌هایی است که در حیطه تخصص مهندسان شیمی است و مهندس شیمی می‌تواند به‌خوبی از عهده اجرای آن برآید و باعث کاهش مصرف انرژی شود و انتگراسیون فرایندها به‌عنوان یک دیدگاه کلی و یکپارچه به صنعت زمینه‌های متنوعی را در برمی‌گیرد که عمدتاً از مهارت‌های منحصربه‌فرد مهندس شیمی به شمار می‌رود و هدف همه آنها منطقی کردن کاربرد انرژی در فرایندی است و برنامه آموزش مهندسی شیمی باید به‌گونه‌ای متحول شود که مفاهیم انرژی ابتدا در دروس مربوط معرفی شود، سپس از طریق آموزش روش‌ها و کاربردها توسعه یابد و نهایتاً با انجام یافتن پروژه‌ها و پایان‌نامه‌ها تثبیت شوند و طراحی، تجزیه‌وتحلیل و بهینه‌سازی فرایندها به‌منظور کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها شامل زمینه‌های متنوعی و جدیدی است که پژوهشگران مهندس شیمی باید بیش از بیش به آن بپردازند و مرزهای دانش را در این ابعاد توسعه دهند.

منابع:

User Guide on Process Integration for the Effective Use[۱]

.۲ ۱۹۸۲ ,.of Energy» Bodo Linnhoff ct al., I. Chem. E., U.K

INdustrial Energy Mangment and Utlization, Larry C. Wittc ,.et al

Process Plant .۳ ۱۹۸۸ ,.Hemisphere Pub.Co., U.S.A[۲]

Design and Operation, Doug Scott and Frank Crawley

Chemical Process Design, Robin .٤ ۱۹۹۲ ,.ChemE., U.K

.۱۹۹۵ ,.Smith, McGraw-Hill Inc., U.S.A

ENERGY

Journal of the Interdisciplinary Energy Student Scientific Association of Tabriz University
First Year, First Issue, March 1401



دبیرخانه نشریه:
دانشگاه تبریز، مرکز رشد و فناوری، ساختمان رشد فناوری، واحد اس ۵