

نشریه علمی دانشجویی مهندسی برق دانشگاه زنجان

شماره دوم - زمستان ۱۴۰۳

# تسلا مپ



*Nikola Tesla*  
(1856 ~ 1943)



انجمن علمی دانشجویی  
مهندسی برق  
دانشگاه زنجان



مدیریت نشریات

# بنام خداوند جان و خوار

## گاهنامه علمی تخصصی تب‌هپ

به شماره مجوز ۱۹۶۵۷۲ مورخ ۲۳ آبان‌ماه ۱۴۰۳

### شناسنامه نشریه

صاحب امتیاز: انجمن علمی دانشجویی مهندسی برق دانشگاه زنجان

مدیر مسئول: مهدی حلیمی

سرمدیر و ویراستار ادبی: محمد ادیب‌یان

استاد راهنما: مهدی حریری

طراح گرافیک، طراح جلد و صفحه‌آرا: محمدمهدی شاه‌قلی

هیئت تحریریه: آقایان سعید شریفیان، سید علیرضا میری، محمد صیدی،

محمدرضا رحیمی، مهدی حلیمی، محمد ادیب‌یان، محمدحسین رستمی،

علی محمدی‌یار، محمدحسین طاهری و خانم‌ها غزل نصیری‌مقدم، محیا فاضلی،

مهسا صادقی، پارمیس شاکری و آناهیتا گنج‌خانلو

ویراستاران علمی: دکتر مهدی حریری، دکتر وحید رشتچی

دکتر سعید جلیل‌زاده، دکتر امیر باقری و دکتر رضا نوروزیان

با تشکر و قدردانی از: دکتر مهدی حریری، دکتر وحید رشتچی، دکتر امیر باقری،

دکتر رضا نوروزیان، دکتر سعید جلیل‌زاده، مهندس سعید شریفیان،

مهندس سعید شیرینی، مهندس علیرضا میری، مهندس محمد صیدی،

مهندس محمدرضا رحیمی، محمدمهدی شاه‌قلی، خانم گنج‌خانلو

و دیگر عزیزانی که مارا در این راه همراهی نمودند.

# سخن مدیر مسئول



## به نام آن که جان را فکرت آموخت

در دنیای امروز که تغییرات علمی و فناوری با سرعتی شگفت‌آور پیش می‌رود، دانشجویان نقش بسزایی در شکل‌دهی به آینده دارند. نشریه علمی دانشجویی تسلامپ، به‌عنوان سکویی برای بیان ایده‌ها، پژوهش‌ها و دیدگاه‌های نو، به شما این فرصت را می‌دهد تا مسیر دانش و خلاقیت را روشن کنید.

تلاش ما در تسلامپ، ایجاد فضایی پویا و همدلانه برای اشتراک‌گذاری دانش و پرورش ایده‌های نوآورانه است. این نشریه نه تنها محلی برای انتشار مقالات علمی و پژوهشی است، بلکه بستری برای به چالش کشیدن مفاهیم موجود و کشف راه‌های جدید است. به عنوان عضوی کوچک از خانواده بزرگ نشریه تسلامپ، افتخار دارم دومین شماره از نشریه علمی تسلامپ را با شور و شوق به نگاه گرانقدر شما تقدیم نمایم.

امید داریم که همراهی و مشارکت شما عزیزان در قالب نظرات و پیشنهادات سازنده، چراغ راهی برای بهبود مستمر این نشریه باشد. لطفاً نظرات و انتقادات خود را به آدرس [electrical.society.znu@gmail.com](mailto:electrical.society.znu@gmail.com) ارسال نمایید. همچنین از شما دعوت می‌کنیم تا با قلم‌های توانمند خود، به این سفر علمی بپیوندید و تسلامپ را به نقطه‌ای پیوند اندیشه‌ها و نوآوری تبدیل کنید.

در پایان بدین‌وسیله مراتب قدردانی و سپاس خود را از دکتر حریری ابراز می‌دارم که با همراهی و راهنمایی‌های ارزشمندشان در این مسیر همواره پشتیبان من بوده‌اند همچنین از آقایان دکتر شریفیان، دکتر شیر، دکتر صیدی، مهندس میری، مهندس رحیمی، دوست عزیزم محمد ادیب یان و خانم نصیری مقدم که با حمایت‌ها و راهنمایی‌های خود، بستر رشد این نشریه را فراهم کردند تشکر می‌نمایم.

مهدی حلیمی - اسفند ماه ۱۴۰۳

## سخن سردیر



### هر عمل دارد به علمی احتیاج کوشش از دانش همی گیرد رواج

با سپاس و شکر بی‌پایان از پروردگار مهربان که نعمت اندیشه و قلم را به ما ارزانی داشته و ما را در مسیر دانش و پژوهش یاری می‌کند.

نشریه تسلامپ پلی است میان صنعت برق و دانشجویان این رشته که پیشرفت و تعالی علمی و صنعتی کشور را دغدغه اصلی خود می‌دانند. این دانشجویان با الهام از روحیه جستجوگری و تعهد، به پدیدآوردن پژوهش‌ها، دانسته‌ها و تحقیقات خود در قالب مقالات متعدد روی آورده‌اند تا دانش و تجربیات خود را با دیگر علاقه‌مندان و صنعتگران کشور به اشتراک بگذارند. بی‌شک، آنچه که این مجموعه را به ثمر رسانده، چیزی جز تلاش، پشتکار و پافشاری عزیزانی نیست که دلسوزانه در کنار ما ایستاده‌اند و برای انتشار شماره دوم نشریه تسلامپ زحمات بسیاری کشیده‌اند.

اینجانب، به عنوان عضوی کوچک از این خانواده‌ی بزرگ، از تمامی عزیزانی که وقت و انرژی خود را صرف این مجله کردند، به ویژه دوست ارجمندم آقای مهدی حلیمی، صمیمانه قدردانی می‌کنم و در سال جدید پیش‌رو، آرزو می‌کنم که این زحمات منجر به دستاوردهای درخشان‌تر و گام‌هایی استوارتر در مسیر پیشرفت شود.

مجله‌ای که پیش روی شماست، تلاشی است در جهت انعکاس رخدادهای مهم صنعت برق کشورمان ایران و جهان؛ در این شماره تلاش کرده‌ایم با دیدی دقیق‌تر و موشکافانه‌تر، تحولات و وقایع جاری را پوشش دهیم تا برای خوانندگان و دنبال‌کنندگان این مجله مفید و الهام‌بخش باشد.

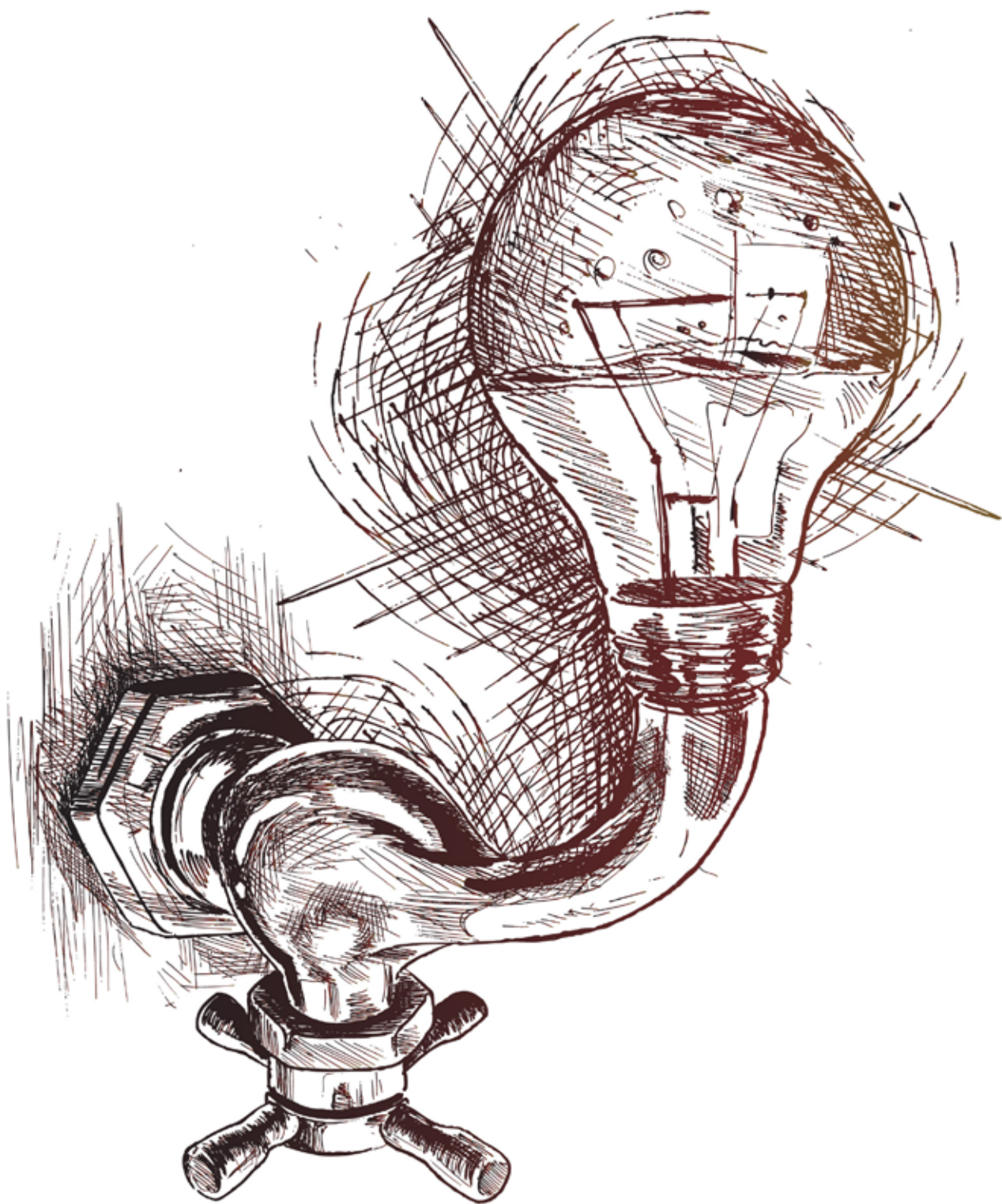
# فهرست مطالب

## مطالب تخصصی

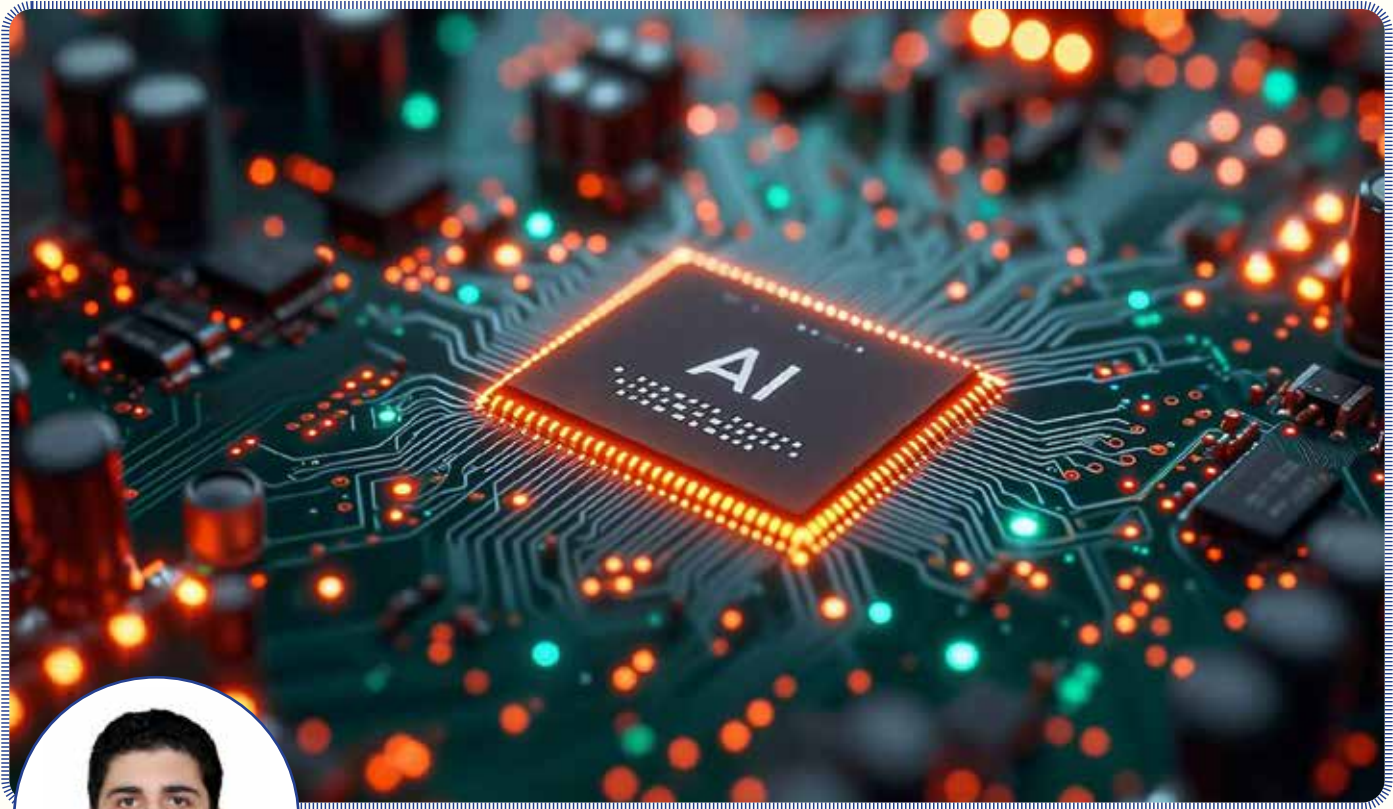
- کاربرد FPGA در هوش مصنوعی ..... ۰۶
- سیستم‌های ذخیره انرژی ابری ..... ۱۳
- بازار برق ..... ۲۴
- خودروهای برقی؛ چالش‌ها و مزایا ..... ۳۱
- مقایسه‌ای میان پردازنده‌های هوش مصنوعی ..... ۳۹

## مطالب عمومی

- فتوولتائیک، کلید کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی ..... ۴۸
- درب بازکن‌های بیسیم و هوشمند ..... ۵۴
- سیستم‌های هوشمند کشاورزی ..... ۶۰
- تازه‌های برقی ..... ۶۴
- بررسی عوامل ناترازی برق در ایران و تأثیرات آن بر صنعت ..... ۷۱
- \* مصاحبه با مهندس کریم نصیری مقدم ..... ۷۳
- \* مصاحبه با مهندس ابراهیم علی‌آبادی ..... ۷۴
- استراتژی‌های موفقیت در کنکور ارشد ..... ۸۰
- آینده مهندسی برق در (زبان: فرصت‌ها و چالش‌ها) ..... ۸۴
- مدول برقی ..... ۹۴
- زندگی‌نامه، گوستاو کیرشهف ..... ۹۵



مطالب تخصصی



## کاربرد FPGA در هوش مصنوعی



sharifian.sa@znu.ac.ir

سعید شریفیان - دانشجوی دکتری برق گرایش الکترونیک - دانشگاه زنجان

### چکیده

در سال‌های اخیر، هوش مصنوعی<sup>۱</sup> و یادگیری ماشین<sup>۲</sup> پیشرفت چشمگیری داشته‌اند و در طیف وسیعی از کاربردها مانند بینایی ماشین، پردازش تصویر و ویدئو، رباتیک، مراقبت‌های بهداشتی، خودروهای خودران، امنیت و بازاریابی به کار گرفته شده‌اند. به‌ویژه، شبکه‌های عصبی عمیق<sup>۳</sup> (DNN) به دلیل توانایی بالا در یادگیری ویژگی‌های پیچیده و حل مسائل دشوار دنیای واقعی، به یکی از ابزارهای کلیدی در توسعه سیستم‌های هوشمند تبدیل شده‌اند. دقت و عملکرد این شبکه‌ها در برخی موارد حتی از هوش انسانی فراتر می‌رود. با این حال، اجرای DNN‌ها به دلیل نیاز بالای آن‌ها به منابع محاسباتی، یک چالش اساسی محسوب می‌شود. معماری‌های همه‌منظوره مانند CPU<sup>۴</sup> در پردازش این مدل‌های محاسباتی فشرده کارایی لازم را ندارند و منجر به افزایش زمان پردازش و مصرف انرژی بالا می‌شوند. بنابراین نیاز به شتاب‌دهنده‌های سخت‌افزاری تخصصی بر مبنای FPGA<sup>۵</sup>، GPU<sup>۶</sup> و ASIC<sup>۷</sup> برای بهینه‌سازی عملکرد و کاهش هزینه‌های محاسباتی به شدت احساس می‌شود. این شتاب‌دهنده‌ها قادرند وظایف محاسباتی سنگین را با کارایی بالاتر و مصرف انرژی کمتر اجرا کنند، در حالی که دقت مورد نیاز مدل‌های یادگیری عمیق را حفظ می‌کنند.

۱-Artificial Intelligence (AI)

۲-Machine Learning (ML)

۳-Deep Neural Network

۴-Central Processing Unit

۵-Field-Programmable Gate Array

۶-Graphics Processing Unit

۷-Application-Specific Integrated Circuit



شکل ۱: هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق

سنتی کردند. چنین کاربردهایی شامل پردازش تصویر، مانند بازشناسی و تشخیص چهره، بانک‌داری و تجزیه و تحلیل بازار، بازوهای رباتیک در تولید خودکار صنعتی، برنامه‌های کاربردی مراقبت‌های بهداشتی، تراکنش‌های کارآمد و هوشمند در مدیریت پایگاه داده است. سیستم‌های بینایی نهفته، در حال تبدیل شدن به بخشی از تعداد زیادی از برنامه‌های کاربردی مانند وسایل نقلیه و هواپیماهای خودمختار یا نیمه-خودمختار، برنامه‌های امنیتی و مراقبت‌های بهداشتی هستند. هوش مصنوعی در محدوده‌ای مانند وسایل نقلیه خودمختار که در آن الگوریتم‌های یادگیری عمیق در تلاش برای اصلاح حمل‌ونقل شخصی است، انقلابی ایجاد می‌کند. هوش مصنوعی همچنین در هواپیماهای بدون سرنشین خودران برای ناوبری و به‌عنوان جت جنگنده در کاربردهای نظامی استفاده می‌شود. بسیاری از این برنامه‌ها از هوش مصنوعی در هسته خود استفاده می‌کنند، جایی که کارایی و دقت می‌تواند تفاوت بین مرگ و زندگی را ایجاد کند. این روند پتانسیل بالای ابزارهای هوش مصنوعی و یادگیری ماشین را نشان می‌دهد. این ابزارها به‌طور فزاینده‌ای به بخشی ذاتی از هر

این مقاله به‌طور خلاصه به بررسی نقش شتاب‌دهنده‌های سخت‌افزاری مبتنی بر FPGA در اجرای بهینه DNNها پرداخته است. همچنین چالش‌ها و فرصت‌های مرتبط با توسعه و استقرار این شتاب‌دهنده‌ها و تأثیر آن‌ها را بر عملکرد، توان مصرفی، سرعت پردازش و بهره‌وری سیستم‌های هوش مصنوعی مورد مطالعه قرار می‌دهد.

### پیش‌زمینه

شبکه‌های عصبی عمیق که به‌عنوان یادگیری عمیق نیز شناخته می‌شوند، زیرمجموعه‌ای از هوش مصنوعی هستند. اصطلاح هوش مصنوعی در سال ۱۹۵۶ توسط جان مک کارتی ابداع شد که آن را به‌عنوان «علم و مهندسی ساخت ماشین‌های هوشمند» تعریف کرد. یادگیری ماشین، موضوع گسترده‌ای از هوش مصنوعی است که برای اولین بار توسط آرتور ساموئل در سال ۱۹۵۹ به‌عنوان مطالعه در مورد چگونگی یادگیری کامپیوترها بدون برنامه‌ریزی صریح تعریف شد. یادگیری ماشین از تکنیک‌های سنتی برای انجام وظایفی مانند طبقه‌بندی، رگرسیون و خوشه‌بندی استفاده می‌کند. یادگیری عمیق زیرشاخه‌ای از یادگیری ماشین است که از ساختار الگوریتم چند لایه‌ای به نام شبکه عصبی استفاده می‌کند که بین سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۰ توسعه یافته است. رابطه بین یادگیری عمیق، یادگیری ماشین و هوش مصنوعی در شکل ۱ نشان داده شده است.

ابزارهای هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در دهه گذشته به‌دلیل پیشرفت در سیستم‌های محاسباتی از نظر قدرت، مساحت و عملکرد، محبوبیت قابل توجهی به‌دست آوردند. طیف گسترده‌ای از برنامه‌ها شروع به استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای به‌دست‌آوردن نتایج برتر در مقایسه با روش‌های

### کاربردهای بالقوه شتابدهنده‌های FPGA در حوزه هوش مصنوعی

با پیشرفت هوش مصنوعی، FPGA به‌طور فزاینده‌ای در حوزه هوش مصنوعی، به‌ویژه در سناریوهای پرتقاضا مانند سیستم‌های اتومبیل خودران، تشخیص‌های پزشکی هوشمند و نظارت تصویری هوشمند، به‌کار گرفته شده است. یکی از چالش‌های اصلی در فناوری اتومبیل خودران، پردازش بی‌درنگ حجم وسیعی از داده‌ها از حسگرهای مختلف و تصمیم‌گیری سریع و دقیق بر اساس این داده‌ها است. FPGAها پتانسیل قابل توجهی را در این زمینه نشان می‌دهند که قادر به پردازش موازی سیگنال‌ها از حسگرهای متعدد از جمله دوربین‌ها، رادارها و لیدارها<sup>۸</sup>، برای دستیابی به درک بلادرنگ از محیط اطراف هستند. علاوه بر این، FPGAها پشتیبانی کارآمدی را برای اجرای الگوریتم‌های یادگیری عمیق، مانند شبکه‌های عصبی کانولوشنی<sup>۹</sup> برای تشخیص بصری و تشخیص اشیاء ارائه می‌دهند. تأخیر کم و توان عملیاتی بالای آن‌ها، FPGA را به یک جزء ضروری در سیستم‌های خودران تبدیل می‌کند و پردازش داده‌ها و تصمیم‌گیری در زمان واقعی را برای افزایش ایمنی و راحتی رانندگی در وسایل نقلیه خودران ارائه می‌دهد. در حوزه تشخیص‌های پزشکی هوشمند، کاربرد FPGA به‌طور فزاینده‌ای، به‌ویژه در تسریع پردازش و تجزیه و تحلیل تصویر پزشکی گسترده است. استفاده از FPGA برای پردازش تصاویر پزشکی، مانند MRI و CT Scan، به‌طور قابل توجهی سرعت دسترسی به تصویر را افزایش می‌دهد و به پزشکان اجازه می‌دهد تا نتایج تشخیص را سریع‌تر به دست آورند. این امر به‌ویژه در موقعیت‌های پزشکی

سیستم الکترونیکی یا نهفته تبدیل می‌شوند. یکی از چالش‌های اصلی پیش روی این تغییر جدید، این است که الگوریتم‌های هوش مصنوعی از نظر محاسباتی گران هستند. این واقعیت به سمت بهبود شتاب سخت‌افزاری، به‌منظور ارائه توان محاسباتی بالا مورد نیاز است.

DNNها حاوی لایه‌های زیادی هستند و هر لایه می‌تواند ویژگی‌هایی را در سطوح مختلف شناسایی کند. به‌عنوان مثال، در تشخیص الگو، جایی که ورودی به شکل پیکسل در دسترس است، اولین لایه DNN جزئیات جزئی تصویر، مانند منحنی‌ها و لبه‌ها را استخراج می‌کند. خروجی‌های این لایه اول به‌عنوان ورودی لایه دوم عمل می‌کنند. لایه دوم جزئیات اولیه تصویر مانند مربع و نیم دایره را استخراج می‌کند. خروجی‌های لایه دوم به‌عنوان ورودی لایه سوم عمل می‌کنند. لایه سوم بخشی از اشیاء را استخراج می‌کند. علاوه بر این، لایه بعدی از خروجی لایه قبلی استفاده می‌کند و جنبه‌های بیشتری از اشیاء را استخراج می‌کند. با افزایش تعداد لایه‌ها، DNN ویژگی‌های پیچیده و اشیاء کامل را استخراج می‌کند. DNNها دقت و عملکرد برتر را به قیمت پیچیدگی محاسباتی بالا ارائه می‌دهند. به‌عنوان مثال، شبکه AlexNet برای پردازش یک تصویر با اندازه  $224 \times 224$  با دقت Top-1 برابر ۶۱٪ به  $1/4$  گیگا عملیات در ثانیه (GOPS) نیاز دارد، درحالی‌که شبکه ResNet-۱۵۲ به ۲۲/۶ GOPS با دقت Top-1 برابر ۷۹/۳٪ نیاز دارد. دقت و عملکرد برتر شبکه دوم به دلیل ظرفیت آن در استخراج ویژگی‌های پیچیده‌تر سطح بالا، مانند اشیاء و ساختارهای صورت، از داده‌های ورودی خام است.

<sup>۸</sup>-Light Detection And Ranging (LiDAR)

<sup>۹</sup>-Convolutional Neural Network (CNN)

حساس به زمان، مانند اورژانس و مراقبت‌های ویژه، حیاتی است. با بهینه‌سازی مدل شبکه عصبی در سطح سخت‌افزار، مانند شبکه‌های عصبی برای طبقه‌بندی و تقسیم‌بندی تصویر، FPGAها می‌توانند به بهبود دقت و کارایی تشخیص بیماری کمک کنند، در نتیجه نتایج درمان و کیفیت زندگی بیمار را افزایش دهد. سیستم‌های نظارت تصویری هوشمند به‌عنوان ابزار ضروری برای ایمنی عمومی عمل می‌کنند. قابلیت محاسباتی بالای FPGAها، پردازش بلادرنگ جریان‌های ویدئویی از چندین دوربین را امکان‌پذیر می‌سازد و وظایف پیچیده تجزیه و تحلیل ویدئویی مانند تشخیص چهره و تحلیل رفتار را انجام می‌دهد. در مقایسه با سیستم‌های نظارت تصویری سنتی، سیستم‌های نظارت تصویری هوشمند که توسط FPGA تسریع می‌شوند، می‌توانند فوراً رفتارهای مشکوک یا رویدادهای غیرعادی را شناسایی کنند، به‌سرعت هشدارها را ایجاد کرده و کارایی و پاسخ‌دهی سیستم‌های ایمنی عمومی را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشند. به‌عنوان مثال، در مناطق عمومی پرجمعیت، FPGAها می‌توانند به تجزیه و تحلیل تراکم جمعیت و تشخیص رفتارهای غیرعادی کمک کنند و پشتیبانی فنی قوی برای مدیریت امنیت ارائه دهند. علاوه بر این، مشخصه کم مصرف FPGAها همچنین استقرار سیستم‌های نظارت تصویری هوشمند را در محیط‌های محاسباتی لبه امکان‌پذیر می‌کند، پردازش داده‌ها را محلی‌تر می‌کند، تأخیر را بیشتر کاهش می‌دهد و زمان واقعی و قابلیت اطمینان سیستم را افزایش می‌دهد.

### فناوری شتاب‌دهی بر اساس پیچیدگی مدل

با توسعه سریع فناوری یادگیری عمیق، جهت‌گیری‌های تحقیقاتی به‌طور فزاینده‌ای به سمت مدل‌های بزرگ متمایل می‌شوند. این مدل‌ها با

پشتیبانی از داده‌های بزرگ و تعداد زیادی پارامتر، وظایف محاسباتی را از طریق شبکه‌های عصبی عمیق انجام می‌دهند. این روند نه تنها کاربرد مدل شبکه عصبی را در زمینه‌های مختلف هدایت می‌کند، بلکه تقاضاهای بالاتری را بر سخت‌افزار محاسباتی تحمیل می‌کند. یک مدل شبکه عصبی بزرگ به پشتیبانی محاسباتی قوی برای رسیدگی به داده‌های بزرگ و وظایف محاسباتی پیچیده نیاز دارد. این شامل سرعت محاسبات بالاتر، ظرفیت‌های ذخیره‌سازی بزرگ‌تر، و سرعت انتقال داده‌ای سریع‌تر است. اگرچه معماری‌های پردازنده‌های همه‌منظوره کنونی، مانند CPU و GPU می‌توانند قدرت محاسباتی نسبتاً بالایی را ارائه دهند، بهبود عملکرد آن‌ها با افزایش مداوم پیچیدگی مدل، کم‌کم به گلوگاه تبدیل می‌شوند. مدل شبکه عصبی به‌طور فزاینده‌ای با ویژگی‌های منحصر به فرد، مانند ساختارهای شبکه خاص و الگوهای محاسباتی، برای دستیابی به دقت بالاتر مشخص می‌شود. این امر مستلزم آن است که قدرت محاسباتی، نه تنها از وظایف محاسباتی سنتی پشتیبانی کند، بلکه ویژگی‌های منحصر به فرد مدل‌ها را نیز تأمین کند. معماری‌های پردازشی سفارشی مبتنی بر ASIC و FPGA دارای مزیت واضحی در این زمینه هستند، زیرا می‌توانند برای یک مدل شبکه عصبی خاص سفارشی شوند و پشتیبانی محاسباتی کارآمدتری را ارائه دهند.

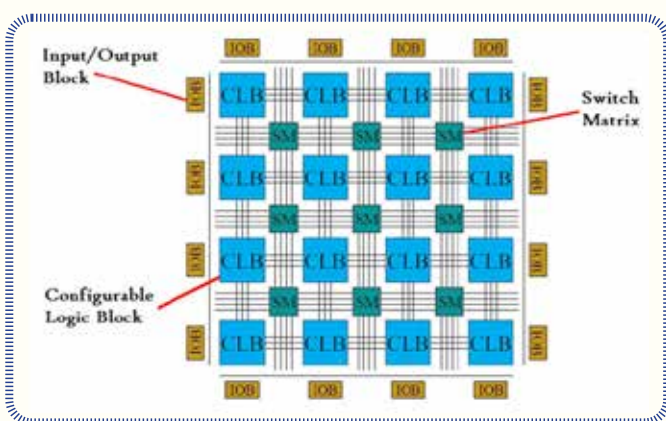
همان‌طور که مدل شبکه عصبی به تکامل خود ادامه می‌دهد، پلتفرم‌های محاسباتی نیز باید قابلیت‌های محاسباتی قدرتمندی را ارائه دهند و انعطاف کافی برای انطباق با به‌روزرسانی و بهینه‌سازی مدل‌ها را نیز ارائه دهند. FPGAها مزایای منحصر به فرد خود را در این جنبه نشان می‌دهند که می‌توانند با نیازهای مدل‌های مختلف از طریق

و اتصالات را به‌طور دقیق مشخص می‌کند. پس از پیکربندی، FPGAها داده‌های ورودی را بر اساس این پارامترهای از پیش تعیین‌شده پردازش می‌کنند و نتایج را مطابق مدارهای منطقی طراحی‌شده به‌دست می‌آورند. این ظرفیت برای مدیریت الگوریتم‌های پیچیده و مدیریت جریان‌های داده با سرعت بالا، بر عملکرد استثنایی FPGAها، به‌ویژه در کارهای دیجیتال که نیاز به عملکرد بالا و قابلیت‌های پردازش موازی دارند، تأکید می‌کند. توانایی FPGA در جابه‌جایی سریع بین الگوریتم‌ها بدون جایگزینی سخت‌افزار، سازگاری با نیازهای عملکردی جدید را تسهیل می‌کند. مزایای FPGAها در انعطاف‌پذیری، عملکرد پردازش موازی برتر و تسريع در توسعه نمونه اولیه نهفته است. طراحان می‌توانند FPGAها را برای اجرای عملکردهای سخت‌افزاری متنوع، متناسب با نیازهای برنامه خاص پیکربندی مجدد کنند. در کارهایی که نیاز به محاسبات موازی گسترده دارند، FPGAها عملکرد بهتری را در مقایسه با ریزپردازنده‌های سنتی ارائه می‌دهند. ویژگی توسعه سریع نمونه اولیه، FPGAها را به‌عنوان یک پلتفرم ایده‌آل برای طراحی سخت‌افزار جدید و آزمایش مفاهیم جدید قرار می‌دهد و در نتیجه چرخه توسعه

سخت‌افزار قابل تنظیم مجدد، سازگار شوند. با این حال، بهینه‌سازی FPGA برای مدل‌های خاص اغلب تعمیم‌پذیری را قربانی می‌کند که چالشی بزرگ در حال حاضر در زمینه شتاب‌دهی یادگیری عمیق است. پیچیدگی روزافزون مدل شبکه عصبی چالش‌های جدیدی را برای سخت‌افزار محاسباتی ایجاد می‌کند که نه تنها به قابلیت‌های محاسباتی با کارایی بالا بلکه توانایی پشتیبانی از ویژگی‌های خاص مدل‌ها و یافتن تعادل بین انعطاف‌پذیری و تعمیم‌پذیری نیاز دارد.

### فناوری FPGA

FPGAها مدارهای مجتمع دیجیتال بسیار منعطف و سازگار با الگوریتم هستند که هسته اصلی طراحی دیجیتال پیشرفته را تشکیل می‌دهند. معماری یک FPGA از هزاران بلوک منطقی قابل تنظیم<sup>۱۰</sup> (CLB)، اتصالات قابل برنامه‌ریزی و بلوک ورودی/خروجی<sup>۱۱</sup> تشکیل شده است. CLBها که واحدهای منطقی اساسی مانند فلیپ فلاپ‌ها، جداول جستجو<sup>۱۲</sup> و گیت‌های منطقی بولی را در خود جای می‌دهند، اجرای منطق پیچیده و توابع ذخیره‌سازی را از طریق کدنویسی فراهم می‌کنند. منابع اتصال قابل برنامه‌ریزی، اتصال انعطاف‌پذیر این بلوک‌های منطقی را برای تشکیل مدارهای دیجیتال پیچیده امکان‌پذیر می‌کنند. FPGAها اغلب بلوک‌های سخت‌افزاری تخصصی، مانند بلوک‌های پردازش سیگنال دیجیتال<sup>۱۳</sup> (DSP) و رم‌های بلوکی<sup>۱۴</sup> را برای بهینه‌سازی وظایف محاسباتی خاص ترکیب می‌کنند. عملکرد FPGAها حول بارگذاری یک فایل پیکربندی مشخص بنام bitstream در تراشه می‌چرخد. این جریان بیتی، جزئیات پیکربندی بلوک‌های منطقی



شکل ۲: ساختار داخلی یک FPGA

۱۰-Configurable Logic Block

۱۲-Look-Up Table (LUT)

۱۴-Block RAM (BRAM)

۱۱-Input/Output Block (IOB)

۱۳-Digital Signal Processing

را سرعت می‌بخشد. FPGAها در چندین حوزه، از جمله ارتباطات، پردازش تصویر، و سیستم‌های نهفته نقش محوری دارند. شکل ۲ ساختار داخلی یک FPGA را نشان می‌دهد.

### شتاب‌دهنده‌های مبتنی بر FPGA

شتاب‌دهنده‌های شبکه عصبی مبتنی بر FPGA به دلیل کارایی بالاتر، به‌طور فزاینده‌ای نسبت به CPUها مورد توجه قرار می‌گیرند. FPGA از موازی‌سازی پشتیبانی می‌کند و با نگاشت الگوریتم‌ها به سخت‌افزار موازی، محاسبات را تسریع می‌بخشد. به‌عنوان مثال چندین ساختار DNN می‌تواند به‌صورت موازی روی FPGA اجرا شوند. شتاب‌دهنده‌های مبتنی بر FPGA، می‌توانند در مقایسه با CPU پایه، تا چند برابر افزایش سرعت ارائه دهند. FPGA به طراحان این آزادی را می‌دهد که تنها منطق مورد نیاز در سخت‌افزار بر اساس برنامه هدف را پیاده‌سازی کنند. معماری‌های شتاب‌دهنده DNN مبتنی بر FPGA عمدتاً شامل یک کامپیوتر میزبان و یک بخش FPGA برای پیاده‌سازی الگوریتم‌های DNN هستند. شتاب‌دهنده‌های DNN مبتنی بر FPGA را می‌توان به‌طور کلی به سه نوع دسته‌بندی کرد:

#### الف. شتاب‌دهنده‌ها برای یک کاربرد خاص

بسیاری از شتاب‌دهنده‌های سخت‌افزاری FPGA برای کاربردهای خاص وجود دارد. طراحی یک شتاب‌دهنده سفارشی برای یک کاربرد و مشکل خاص، راه‌حل بسیار خوبی برای آن مشکل است. به‌عنوان مثال، شتاب‌دهنده‌هایی که برای موارد خاصی مانند پردازش سیگنال، تشخیص گفتار،

تشخیص اشیاء و پردازش زبان طبیعی استفاده می‌شوند.

#### ب. شتاب‌دهنده‌ها برای یک الگوریتم خاص

موضوع برجسته تحقیق در حوزه شتاب‌دهنده‌ها، استفاده از شتاب‌دهنده‌های مبتنی بر FPGA برای یک الگوریتم شبکه عصبی خاص است. به‌عنوان مثال، شتاب‌دهنده‌هایی که برای شتاب‌دهی الگوریتم‌های RNN و CNN در یادگیری عمیق استفاده می‌شوند.

#### ج. فریم‌ورک‌های شتاب‌دهنده با الگوهای سخت‌افزاری

فریم‌ورک‌هایی برای نگاشت مدل‌های هوش مصنوعی بر روی FPGA در سال‌های اخیر توسعه یافته است. این فریم‌ورک‌ها توسط توسعه‌دهندگان، برای کمک به سرعت بخشیدن به روند طراحی ارائه شده‌اند و با کمک آن‌ها می‌توان پیاده‌سازی‌های سخت‌افزاری مورد نظر را انجام داد. به‌عنوان مثال، فریم‌ورکی را در نظر بگیرید که برای نگاشت الگوریتم CNN بر روی FPGA توسعه داده شده است. ممکن است توسعه‌دهنده از یک زبان مختص به دامنه<sup>۱۵</sup> یا یک نوع اسکریپت خاص به‌عنوان ورودی استفاده کند.

### مشکلات و چالش‌ها طراحی با FPGA

توسعه تکنیک‌های شتاب‌دهی مبتنی بر FPGA برای مدل شبکه عصبی با چالش‌های چند وجهی، از جمله محدودیت در منابع، پیچیدگی طراحی، بهینه‌سازی محاسبات موازی، مدیریت مصرف انرژی، اتوماسیون طراحی و پشتیبانی ابزار، و همچنین تقاضا برای مقیاس‌پذیری و انعطاف‌پذیری مواجهه است.

منابع ذخیره‌سازی و طراحی مسیره‌های داده است. این فرآیند، مستلزم درک عمیق ویژگی‌های سخت‌افزاری FPGA و بهینه‌سازی الگوریتم هدفمند و طراحی سخت‌افزار است.

**۴. طراحی معماری محاسباتی:** طراحی معماری‌های محاسباتی موازی و کارآمد، نیازمند در نظر گرفتن وابستگی‌های داده، نیاز محاسباتی و الگوهای دسترسی به حافظه است. اجرای شتاب موازی مدل شبکه عصبی بر روی FPGAها شامل بهینه‌سازی تأخیر محاسباتی و توان عملیاتی از طریق تکنیک‌هایی مانند خط لوله، موازی‌سازی داده‌ها و موازی‌سازی مدل، طراحی خطوط لوله جریان داده کارآمد، استراتژی‌های دسترسی به حافظه و همچنین نوآوری در الگوریتم‌های موازی است.

**۵. طراحی و مدیریت ذخیره‌سازی جریان داده:** برای استفاده کامل از قابلیت‌های پردازش موازی در FPGA، خطوط لوله جریان داده باید کارآمد طراحی شود تا از انتقال مؤثر داده بین واحدهای محاسباتی مختلف اطمینان حاصل شود. به علاوه، استراتژی‌های مدیریت ذخیره‌سازی معقول می‌تواند تأخیر دسترسی به داده‌ها و سربار ذخیره‌سازی را به حداقل برساند. از آن جمله می‌توان بهینه‌سازی چیدمان حافظه، اجرای بهینه‌سازی محلی و استفاده از منابع ذخیره‌سازی روی تراشه را نام برد.

**۶. توان مصرفی و راندمان:** تعادل بین توان مصرفی و راندمان بسیار مهم است. مدیریت توان در FPGAها کلید بهینه‌سازی بهره‌وری انرژی واحدهای محاسباتی و ذخیره‌سازی است. در نظر گرفتن کارایی انرژی الگوریتم‌ها و تکنیک‌های طراحی سخت‌افزار کم‌مصرف، هنگام طراحی شتاب‌دهنده‌های یادگیری عمیق، حیاتی است. کاهش توان مؤثر را می‌توان با تنظیم دقت محاسباتی، استفاده از تکنیک‌های

در ادامه چند نمونه از این موارد تشریح شده است:

**۱. محدودیت منابع:** به محدودیت‌های اندازه مدل و منابع، همراه با محدودیت‌های ذخیره‌سازی و پهنای باند ارتباطی اشاره دارد. منابع تراشه‌های FPGA شامل واحدهای منطقی، جداول جستجو، ثبات‌ها، رم‌های بلوکی و واحدهای پردازشگر سیگنال دیجیتال و غیره است. نیاز به توان محاسباتی قابل توجه و ظرفیت ذخیره‌سازی توسط مدل شبکه عصبی در مقیاس بزرگ، به شدت با محدودیت‌های منابع ذاتی FPGAها در تضاد است. تکنیک‌های فشرده‌سازی مدل (مانند هرس کردن، اشتراک‌گذاری پارامتر) و الگوریتم‌های کوانتیزاسیون (مثل تبدیل پارامترهای ممیز شناور ۳۲ بیتی به نمایش‌های ممیز ثابت با عرض بیت‌های پایین‌تر) به‌طور گسترده برای کاهش اندازه مدل و نیازهای محاسباتی استفاده می‌شوند.

**۲. محدودیت پهنای باند ذخیره‌سازی و تبادلات:** محدودیت‌های ظرفیت ذخیره‌سازی و پهنای باند ارتباطی FPGA بر سرعت پردازش داده و مقیاس‌پذیری مدل تأثیر می‌گذارد. طراحی کارآمد جریان داده و تکنیک‌های مدیریت ذخیره‌سازی، مانند بازکردن حلقه و استفاده مجدد از داده‌ها، برای بهینه‌سازی الگوهای دسترسی به ذخیره‌سازی و به حداقل رساندن وابستگی به حافظه خارجی، در نتیجه افزایش کارایی ذخیره‌سازی و ارتباطات استفاده می‌شوند.

**۳. ناهمبستگی الگوریتم و سخت‌افزار:** ویژگی‌های موازی و زمان‌بندی FPGAها به خوبی با محاسبات ماتریسی و عملیات کانولوشن الگوریتم‌های یادگیری عمیق مطابقت ندارد. نگاشت مؤثر الگوریتم‌ها نیازمند مدیریت دقیق منابع سخت‌افزاری FPGA از جمله پیکربندی واحدهای منطقی، تخصیص

مقیاس‌بندی ولتاژ و فرکانس پویا<sup>۱۶</sup> و بهینه‌سازی زمان‌بندی و تخصیص وظایف محاسباتی به‌دست آورد.

۷. فقدان ابزار طراحی خودکار: در حال حاضر، تبدیل مدل شبکه عصبی به پیاده‌سازی FPGA تا حد زیادی متکی به طراحی دستی است که زمان بر و مستعد خطا است. ارتقای سطح اتوماسیون طراحی، مانند توسعه ابزارها و فریم‌ورک‌هایی که قادر به انجام خودکار فشرده‌سازی، کوانتیزاسیون، نگاشت و بهینه‌سازی مدل هستند، کلید بهبود کارایی، توسعه و تسریع در استقرار مدل شبکه عصبی است.

### مقایسه FPGA با سایر پلتفرم‌های محاسباتی

از اواسط قرن بیستم، ظهور فناوری رایانه، به‌ویژه توسعه تراشه‌های پردازنده، زندگی انسان را به‌طور قابل توجهی متحول کرده است. واحد پردازش مرکزی، سنگ بنای فناوری اطلاعات، از فلسفه طراحی تراشه پردازنده همه‌منظوره استفاده می‌کند و برنامه‌های کاربردی عمیق را در صنایع مختلف پشتیبانی می‌کند. CPUها که برای برآوردن نیازهای عمومی محاسباتی طراحی شده‌اند عملکردهای کاربردی متنوعی را از طریق برنامه‌ریزی مجدد نرم‌افزاری بدون تغییرات سخت‌افزاری امکان‌پذیر می‌کنند و به‌طور قابل توجهی بهره‌وری را افزایش داده و زمان توسعه و سرمایه را کاهش می‌دهند. پیشرفت در فناوری مدارهای مجتمع نیمه‌هادی، از جمله کوچک‌سازی ترانزیستور و افزایش سرعت محاسباتی، به‌طور قابل توجهی عملکرد تراشه را بهبود بخشیده است. گوردون مور، یکی از بنیانگذاران اینتل، قانون مور را پیشنهاد داد که بر این باور است که تعداد

ترانزیستورها در مدارهای مجتمع تقریباً هر دو سال یکبار دو برابر می‌شود که این باور توسعه صنعت نیمه‌هادی را برای بیش از نیم قرن هدایت می‌کند. در این دوره، افزایش تعداد ترانزیستورهای CPU و فرکانس‌های ساعت، همراه با نوآوری و بهینه‌سازی مستمر در معماری کامپیوتر، از جمله ریزمعماری، فناوری حافظه پنهان و محاسبات موازی، بهبود عملکرد پایدار را با حفظ کلیت تضمین کرده است. با این حال، در دهه گذشته با نزدیک‌شدن اندازه دستگاه‌های نیمه‌هادی به محدودیت‌های فیزیکی، قانون مور و مقیاس‌بندی دینارد با گلوگاه‌هایی مواجه شده‌اند که منجر به کاهش سرعت در بهبود عملکرد کلی پردازنده شده است. این دوره با توسعه سریع داده‌های بزرگ و فناوری‌های یادگیری عمیق مصادف شد و تقاضای انفجاری برای قدرت محاسباتی را برانگیخت و حرکت به سمت محاسبات تخصصی را تسریع کرد. در مقایسه با CPUهای همه‌منظوره، تراشه‌های تخصصی که برای کاربردهای خاص طراحی شده‌اند، علی‌رغم محدوده کاربرد محدودتر و عمومیت ضعیف‌تر، بهبود عملکرد و کارایی قابل توجهی را در زمینه‌های مربوطه ارائه می‌دهند. معماری‌های دامنه خاص<sup>۱۷</sup> (DSA)، با تمرکز بر شتاب‌دهنده‌های سخت‌افزاری برای برنامه‌های کاربردی با ویژگی‌های مشابه، به‌عنوان یک تمرکز تحقیقاتی در سال‌های اخیر ظاهر شده‌اند و به دستاوردهای قابل توجهی در عملکرد و بهره‌وری انرژی دست یافته‌اند. هدف طراحی‌های DSA نه تنها شتاب الگوریتم است، بلکه مبتنی بر درک عمیق حوزه‌های خاص است و معماری‌های تخصصی را برای برآورده کردن نیازهای دامنه خاص پیشنهاد می‌کند. در حوزه محاسبات دامنه

۱۶-Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS)

۱۷-Domain-Specific Architecture

چرخه‌های توسعه و هزینه‌ها را کاهش می‌دهند. ظهور روندهای منبع باز سخت‌افزاری که نمونه آن توسعه فناوری‌هایی مانند RISC-V است، امکانات جدیدی را برای انعطاف‌پذیری و توسعه ASIC‌ها معرفی کرده است. این حرکت همچنین فرصت‌های جدیدی را برای توسعه الگوریتم‌ها در FPGA‌ها ارائه می‌دهد. در زمینه‌های ارتباطات و هوش مصنوعی، شتاب‌دهنده‌های مبتنی بر FPGA همچنان به ظهور می‌رسند و پتانسیل کاربرد گسترده خود را در پردازش الگوریتم‌های پیچیده و برآوردن نیازهای برنامه‌های کاربردی خاص به نمایش می‌گذارند. بنابراین FPGA به یک پلتفرم محاسباتی کارآمد و انعطاف‌پذیر در زمینه‌های یادگیری عمیق و هوش مصنوعی، به‌ویژه در نیازمندی‌های تکنولوژیکی و کاربردی که به سرعت در حال تغییر هستند، تبدیل شده است. استفاده از آن می‌تواند شتاب سخت‌افزاری هدفمند را فراهم کند و به سرعت با تکامل فناوری و تغییرات در الزامات برنامه‌ها از طریق ویژگی‌های قابل پیکربندی مجدد خود سازگار شود و نیازهای کارایی و انعطاف‌پذیری محاسبات دامنه خاص را برآورده کند. جدول ۱ مقایسه‌ای بین چند پلتفرم مختلف محاسباتی را نشان می‌دهد.

### معماری‌های سخت‌افزاری برای شتاب DNN

با محبوبیت و متداول شدن DNN‌ها در سال‌های اخیر، امکان توسعه و استقرار آن‌ها در انواع پلتفرم‌های سخت‌افزاری فراهم شده است. این پلتفرم‌های سخت‌افزاری انواع مختلفی دارند، از معماری‌های همه منظوره مانند CPU و GPU، معماری‌های قابل برنامه‌ریزی (FPGA) گرفته تا تراشه‌های ویژه (ASIC). در بسیاری از مدل‌های DNN، عملیات ضرب و انباشت<sup>۱۸</sup> (MAC) مهم‌ترین محاسبات هستند و

خاص، واحد پردازش گرافیکی به‌عنوان یک پلتفرم مطرح ظهور کرده است که برای پردازش موازی داده در مقیاس بزرگ با آرایه وسیعی از واحدهای محاسباتی موازی طراحی شده است. این طراحی معماری، وظایفی را که در واحدهای پردازش مرکزی با گلوگاه‌های عملکردی مواجه هستند، قادر می‌سازد تا به بهبود عملکرد قابل توجهی در GPU‌ها دست یابند. علاوه بر این، مدارهای مجتمع کاربرد خاص یا ASIC، از طریق سفارشی‌سازی مدارهای سخت‌افزاری، سرعت محاسباتی بی‌نظیر و مصرف انرژی کم را برای حوزه‌های خاص مانند شتاب‌دهنده‌های یادگیری عمیق ارائه می‌دهند. با این حال، هزینه‌های بالای توسعه و عدم قابلیت برنامه‌ریزی، انعطاف‌پذیری آن‌ها را محدود می‌کند.

FPGA با ترکیب منحصربه‌فرد انعطاف‌پذیری و عملکرد، به‌عنوان واسطه‌ای بین ASIC و GPU عمل می‌کند. برخلاف پردازنده‌های گرافیکی، که برای پردازش موازی داده در مقیاس بزرگ با واحدهای محاسباتی موازی متعدد طراحی شده‌اند، FPGA را می‌توان در سطح سخت‌افزار پیکربندی مجدد کرد. این قابلیت امکان بهینه‌سازی الگوریتم‌ها و مدل‌های خاص را فراهم می‌کند، به‌ویژه در برنامه‌هایی که به تأخیر کم و توان عملیاتی بالا نیاز دارند، جایی که FPGA مزایای عملکردی قابل توجهی را نشان می‌دهد. برخلاف ASIC‌ها که می‌توانند سرعت محاسبات فوق‌العاده و مصرف انرژی کم را در حوزه‌های خاصی مانند شتاب‌دهی در یادگیری عمیق ارائه دهند، هزینه‌های بالای توسعه و غیرقابل برنامه‌ریزی بودن آن‌ها، سازگاری آن‌ها را محدود می‌کند. FPGA‌ها با ماهیت قابل تنظیم مجدد خود، انعطاف‌پذیری بیشتری را ارائه می‌دهند و به‌روزرسانی‌های مکرر را برای الگوریتم‌ها و مدل‌ها تطبیق می‌دهند، بنابراین

جدول ۱: مقایسه پلتفرم‌های مختلف محاسباتی

| هدف طراحی                                     | موازی‌سازی                                | انعطاف‌پذیری                                                          |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| CPU<br>محاسبات همه‌منظوره                     | کم (عمدتاً پردازش ترتیبی)                 | بالا (قابل برنامه‌ریزی مجدد با نرم‌افزار)                             |
| GPU<br>موازی‌سازی پردازش داده در ابعاد بالا   | بالا (تعداد زیادی واحدهای محاسباتی موازی) | متوسط (قابل برنامه‌ریزی با نرم‌افزار یا یکسری محدودیت‌های سخت‌افزاری) |
| ASIC<br>حداکثر عملکرد و کارایی برای وظایف خاص | بستگی به هدف دارد                         | کم (سخت‌افزار برای کارهای خاص ثابت شده است)                           |
| FPGA<br>حداکثر عملکرد و کارایی برای وظایف خاص | متوسط به بالا (موازی‌سازی قابل تنظیم)     | کم (سخت‌افزار ثابت شده برای وظایف خاص) / حداکثر                       |

به راحتی می‌توان آن‌ها را موازی کرد. از آنجایی که این عملیات MAC را می‌توان به صورت موازی اجرا کرد، معماری‌های سخت‌افزاری که عملیات موازی را فعال می‌کنند برای پردازش DNN مورد نیاز هستند. برای دستیابی به عملکرد برتر، مدل‌های محاسباتی بسیار موازی، که هر دو معماری محاسباتی مکانی و زمانی را در بر می‌گیرند، اغلب برای شتاب DNN استفاده می‌شوند. معماری مکانی و زمانی ساختار محاسباتی مشابهی با مجموعه‌ای از عناصر پردازشی<sup>۱۹</sup> (PE) دارند. با این حال، واحدهای پردازش می‌توانند در یک معماری مکانی کنترل داخلی داشته باشند، در حالی که کنترل در یک معماری زمانی متمرکز است، همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است. هر PE می‌تواند یک فایل ثبت<sup>۲۰</sup> (RF) برای ذخیره داده‌ها در معماری مکانی داشته باشد. با این حال، PE‌ها ظرفیت حافظه در یک معماری زمانی را ندارند. PE‌ها همچنین می‌توانند برای تبادل داده در طراحی‌های محاسباتی مکانی متصل شوند. به طور خلاصه، PE‌ها در معماری‌های زمانی فقط شامل واحدهای حسابی و منطقی<sup>۲۱</sup> (ALU) هستند. PE‌ها از ALU به عنوان یک واحد محاسباتی، RF برای ذخیره

داده‌ها و یک واحد کنترل در معماری‌های مکانی تشکیل شده‌اند.

### الف) معماری زمانی

معماری‌های زمانی از موازی‌سازی با پشتیبانی از تکنیک‌های مختلف، مانند رشته‌های چندگانه، دستورالعمل منفرد<sup>۲۲</sup> یا داده‌های چندگانه، دستورالعمل منفرد<sup>۲۳</sup> استفاده می‌کنند. معماری‌های محاسباتی زمانی، بیشتر در CPU‌ها و GPU‌ها ظاهر می‌شوند. در طراحی‌های زمانی، ALU‌ها فقط می‌توانند به داده‌ها از سلسله مراتب حافظه دسترسی داشته باشند و نمی‌توانند مستقیماً با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. حافظه (فایل ثبت) و کنترل، توسط تمام ALU‌ها در معماری زمانی، مشترک است. در معماری‌های زمانی مانند CPU یا GPU، تمام عملیات کانولوشن یا اتصال-کامل به ضرب ماتریس نگاشت می‌شوند. هسته‌های CPU در بین چندین معماری زمانی برای آموزش و استنتاج DNN کمترین استفاده را دارند. CPU‌ها دارای تعداد کمی هسته پردازشی هستند. در نتیجه تنها تعداد کمی از فرآیندها را می‌توان به صورت موازی انجام داد که این توان عملیاتی را محدود می‌کند. GPU‌ها معمولاً برای آموزش و

۱۸-Multiply-Accumulate

۱۹-Processing Element

۲۰-Register File

۲۱-Arithmetic-Logic Unit

۲۲-Single Instruction, Multiple Threads (SIMT)

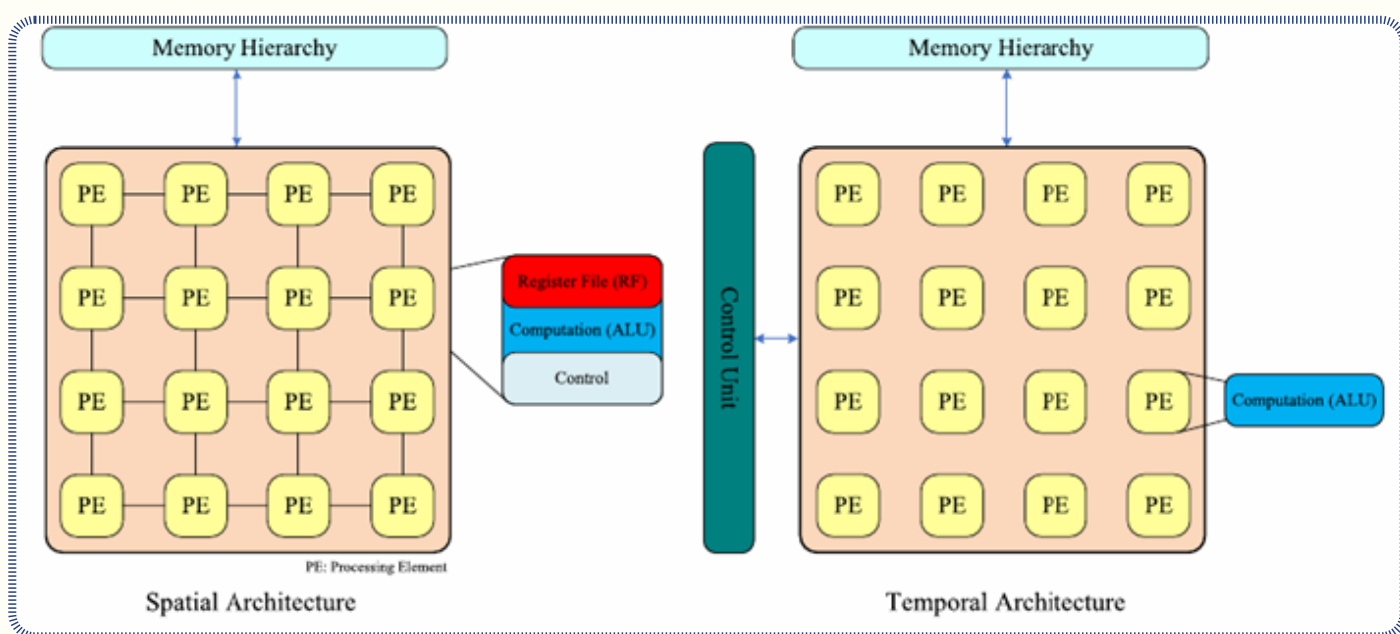
۲۳-Single Instruction, Multiple Data (SIMD)

نسبت به ASICها ارزان تر و ساده تر است و زمان کوتاه تری برای ورود به بازار نیاز دارد. با این حال، FPGAها نسبت به ASICها کمتر انرژی کارآمد هستند و انرژی بیشتری مصرف می کنند. زیرا FPGAها برخلاف ASICها، دارای مساحت تراشه قابل توجهی هستند که به پیکربندی مجدد اختصاص داده شده است. ولی ASICها عمدتاً برای یک برنامه خاص طراحی شده اند و نمی توانند پیکربندی مجدد را پشتیبانی کنند. روند طراحی ASIC پیچیده تر از FPGA است. تراشه های ASIC گران هستند، اما بهینه شده و کم مصرف هستند و نسبت به FPGA عملکرد بهتری دارند. دسترسی به حافظه، گلوگاه واقعی در محاسبات DNN است. بنابراین دسترسی های خارج از تراشه DRAM باید به حداقل برسد، زیرا هزینه انرژی و تأخیر بالایی دارند. دسترسی های حافظه (خارج از تراشه) را می توان با استفاده مجدد از داده های ذخیره شده در حافظه های کوچک تر، سریع تر و کم انرژی کاهش داد. در معماری های محاسباتی مکانی، وزن ثابت، ردیف ثابت، خروجی

استنتاج DNNها استفاده می شوند. آنها صدها هسته برای اجرای الگوریتم های موازی بسیار مؤثر مثل ضرب ماتریس دارند. توان عملیاتی با تقسیم تعداد ضرب ها در CPU و GPU افزایش می یابد. کتابخانه های نرم افزاری وجود دارند که ضرب ماتریس را برای پردازنده های گرافیکی (مانند cuBLAS، cuDNN و غیره) و پردازنده ها (مثلاً Intel MKL، OpenBLAS و غیره) بهینه می کنند. یکی دیگر از روش های شناخته شده برای کاهش ضرب ماتریس، تبدیل فوریه سریع<sup>۲۴</sup> است. علاوه بر این، چندین تکنیک، مانند الگوریتم وینوگراد<sup>۲۵</sup> و الگوریتم استراسن<sup>۲۶</sup> برای کاهش ضرب های ماتریس و در نتیجه کاهش منابع و حافظه مورد نیاز استفاده می شوند.

### ب) معماری مکانی

در معماری های مکانی، هر ALU می تواند حافظه محلی و منطق کنترل خود را داشته باشد. حافظه محلی به عنوان فایل ثبات نیز نامیده می شود. توسعه و استقرار DNN در FPGA و ASIC در دسته معماری های مکانی قرار می گیرد. توسعه FPGAها

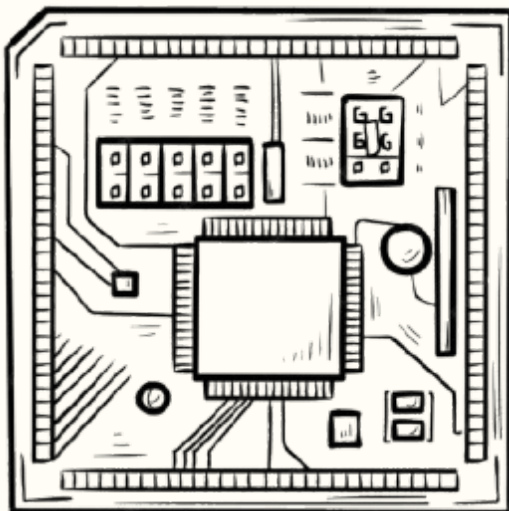


شکل ۳: معماری مکانی و معماری زمانی در شتاب دهنده ها

۲۴-Fast Fourier Transform (FFT)    ۲۶-Strassen  
۲۵-Winograd

## مراجع

1. Liu, Fang, Heyuan Li, Wei Hu, and Yanxiang He. "Review of neural network model acceleration techniques based on FPGA platforms." *Neurocomputing* (2024): 128511
2. Dhilleswararao, Pudi, Srinivas Boppu, M. Sabarimalai Manikandan, and Linga Reddy Cenkeramaddi. "Efficient hardware architectures for accelerating deep neural networks: Survey." *IEEE access* 10 (2022): 131788-131828.
3. Yan, Feng, Andreas Koch, and Oliver Sinnen. "A survey on FPGA-based accelerator for ML models." *arXiv preprint arXiv:2412.15666* (2024).



ثابت و دیگر جریان‌های پردازشی خاص می‌توانند برای بهبود استفاده مجدد از داده‌ها از حافظه‌ها در سلسله مراتب حافظه و کاهش اتلاف انرژی طراحی شوند. در هر سطح از سلسله مراتب حافظه، جریان داده مشخص می‌کند که چه داده‌هایی خوانده می‌شوند و چه زمانی پردازش می‌شوند.

## جمع‌بندی

FPGA یک راه‌حل قدرتمند برای طراحی دیجیتال است که مزایای بالقوه بسیاری مانند انعطاف‌پذیری، تأخیر کم و کاهش مصرف انرژی را ارائه می‌دهد و با توجه به اینکه کارهای خاص اغلب به مدارهای تخصصی نیاز دارند، می‌تواند بسیار مهم و کاربردی باشد. با این حال، در مقایسه با روش‌های توسعه مبتنی بر برنامه‌نویسی، چالش بیشتری ایجاد می‌کنند و توسعه آن پیچیده‌تر و گران‌تر است. در کاربردهای یادگیری عمیق، تکنیک‌های بهینه‌سازی مبتنی بر FPGA با چالش‌های متعددی از جمله منابع محدود، نگاشت الگوریتم، طراحی جریان داده، سازگاری با ابزارهای اتوماسیون مواجه می‌شوند و نیاز به تعادل بین الزامات برنامه‌های کاربردی خاص با تعمیم‌پذیری دارد. محققان روش‌ها و استراتژی‌های مختلفی را برای رسیدگی به این چالش‌ها اتخاذ کرده‌اند. به‌طور خلاصه، برای برخی از برنامه‌های کاربردی، وقتی نوبت به انتخاب دستگاهی می‌رسد که عملکرد کارآمدی را ارائه می‌دهد، چند معیار کلیدی وجود دارد که ممکن است به تصمیم‌گیری به‌نفع FPGA یا GPU کمک کند. بنابراین مصالحه‌ها و نوآوری‌های هر یک از شتاب‌دهنده‌ها برای کمک به محققان برای انتخاب بهتر در میان حوزه محاسباتی هوش مصنوعی شناسایی می‌شوند.



## Cloud Energy Storage Systems

### سیستم‌های ذخیره انرژی ابری



a.miri@znu.ac.ir

سید علیرضا میری - فارغ التحصیل کارشناسی ارشد رشته سیستم‌های قدرت

### تحولات اساسی در زنجیره تأمین انرژی با پیشرفت فناوری‌های نوین

تحولات اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی، همراه با پیشرفت‌های فناوری، موجب تغییرات اساسی در زنجیره تأمین انرژی شده‌اند. توسعه سیستم‌های اندازه‌گیری هوشمند، به‌کارگیری کنترل‌کننده‌های پیشرفته و بهره‌گیری از فناوری‌های ارتباطی ارزان و در دسترس، زمینه را برای گسترش منابع انرژی توزیع‌شده (DER)<sup>۱</sup> فراهم کرده است. علاوه بر این، پیشرفت در تجهیزات پایش و الگوریتم‌های کنترلی موجب شده است که شبکه‌های توزیع برق هوشمندتر و کارآمدتر عمل کنند. همچنین، کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای فناوری‌های تولید انرژی تجدیدپذیر، از جمله پنل‌های فتوولتائیک (PV)<sup>۲</sup> و توربین‌های بادی، به افزایش مشارکت مصرف‌کنندگان در تولید انرژی کمک کرده است. در نتیجه، مشتریان خرده‌فروشی در انتهای ولتاژ پایین شبکه‌های توزیع می‌توانند به منابع انرژی متغیر در محدوده خود دسترسی داشته باشند. این تغییرات، چشم‌انداز جدیدی برای مدیریت انرژی و بهره‌برداری بهینه از شبکه‌های توزیع برق ایجاد کرده و نقش فعال‌تری برای مصرف‌کنندگان در سیستم قدرت تعریف نموده است.

<sup>۱</sup>-Distributed Energy Recourses

<sup>۲</sup>-Photo voltaic

## ذخیره‌سازی انرژی: یک ضرورت برای گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر

این حرکت در راستای ارتقای ترکیب تولید انرژی، با رشد روزافزون مصرف‌کنندگان نهایی برای افزایش بهره‌وری انرژی، تلاش برای کاهش کربن، مسئولیت‌های اجتماعی و تعدیل هزینه‌های برق همسو است. در جریان نوسازی شبکه، فناوری ریزشبکه ( $MG^3$ ) به‌عنوان یک سیستم توزیع‌شده‌ی کوچک‌مقیاس و محدود از نظر جغرافیایی برای تأمین برق ظهور کرده است؛ چندین ویژگی کلیدی برای میزبانی از منابع انرژی توزیع‌شده، کنترل دقیق بارها و اجزا، کاهش مدت قطعی‌ها و اختلالات شبکه، و قابلیت فعالیت در هر دو حالت متصل به شبکه و جزیره‌ای در مناطق روستایی و شهری را دارا است. امروزه، ریزشبکه‌ها به یک بازیگر کلیدی در عصر نوسازی شبکه تبدیل شده‌اند که می‌توانند مشوق‌های مالی برای بهبود قابلیت اطمینان و تاب‌آوری شبکه ارائه دهند. برخلاف نیروگاه‌های حرارتی متمرکز سنتی که تولید برق را با قابلیت کنترل بالا فراهم می‌کنند، منابع انرژی تجدیدپذیر توزیع‌شده به دلیل وابستگی به شرایط محیطی، نوسانات تولید در پروفایل‌های برق ایجاد می‌کنند. در نتیجه، پیش‌بینی تولید انرژی با سطح قابل توجهی از عدم قطعیت مواجه خواهد شد. از این منظر، نوسانات تولید می‌تواند تعادل بین تولید و تقاضا را به خطر بیندازد و به دنبال آن، چالش‌های متعددی را در زمینه حفاظت، کنترل، بهره‌برداری و حتی برنامه‌ریزی شبکه برق ایجاد کند. در ریزشبکه‌های ولتاژ پایین، این نوسانات می‌توانند منجر به خسارات اقتصادی قابل توجه شده و الگوهای بهینه تبادل

انرژی مصرف‌کنندگان با شبکه اصلی یا همتایان آن‌ها را مختل کنند.

همچنین، نبود تابش خورشید در شب و روزهای ابری، تأثیر منفی نفوذ فزاینده‌ی انرژی خورشیدی را برجسته‌تر می‌کند.

به‌عنوان یک راهکار، استفاده از سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی ( $ESS^4$ ) به‌عنوان منابع قابل‌کنترل می‌تواند نوسانات تولید را از طریق برنامه‌ریزی بهینه‌ی شارژ و دشارژ کاهش دهد. امروزه، سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی مبتنی بر الکترونیک قدرت قادرند خدمات متنوعی را به مصرف‌کنندگان و اپراتورهای شبکه ارائه دهند. برای مثال، یک سیستم ذخیره‌سازی با اینورتر کوپل‌شده می‌تواند توان راکتیو را جذب کرده و از افزایش ولتاژ در باس‌هایی با تولید خورشیدی زیاد و تقاضای پایین جلوگیری کند. همچنین،  $ESS$  می‌تواند در بازار آربیتراژ انرژی شرکت کند، به این صورت که در ساعات کم‌بار شارژ شده و در ساعات اوج بار تخلیه شود. علاوه بر این، در سیستم‌های تولید حرارتی تحت تأثیر  $ESS$ ،  $PV$  می‌تواند توان لازم برای جبران تغییرات بار ساعتی را تأمین کند. همچنین، قابلیت شارژ/دشارژ سریع برخی از انواع  $ESS$  ها، امکان مشارکت در تنظیم فرکانس یا سایر خدمات جانبی شبکه را فراهم می‌کند.

## ذخیره‌سازی ابری انرژی: راهکاری برای کاهش هزینه‌ها و بهبود بهره‌وری

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، یک سیستم ذخیره‌سازی انرژی بزرگ‌تر، می‌تواند هزینه سرمایه‌گذاری کمتری داشته باشد؛ به‌گونه‌ای که کاربران نهایی که توان مالی خرید یک واحد  $ESS$

<sup>۳</sup>-Microgrid

<sup>۴</sup>-Energy Storage System

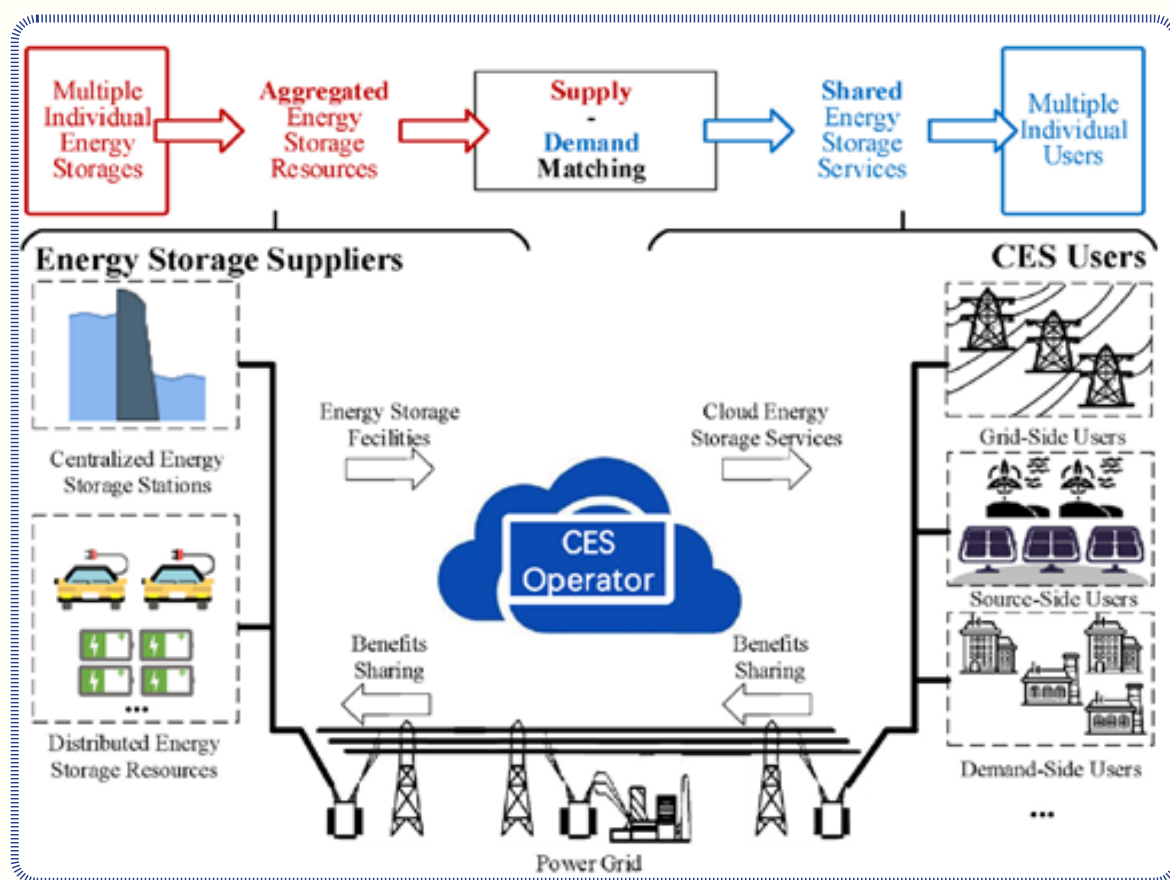
توزیع (DSO<sup>۱</sup>) یا حتی یک شرکت ثالث که در زمینه ارائه خدمات ذخیره‌سازی به کاربران و منابع انرژی توزیع‌شده فعالیت می‌کند، سرمایه‌گذاری شود.

## سرمایه‌گذاری سیستم‌های ذخیره ساز ابری

سرمایه‌گذاری در ذخیره‌سازهای اشتراکی انرژی به عنوان یک روش نوین برای تأمین انرژی پایدار و توسعه پذیر، مورد توجه قرار گرفته است. این روش امکان انتقال و ذخیره انرژی تولید شده از منابع پاک و تجدیدپذیر، مانند انرژی خورشیدی و بادی، را فراهم می‌کند و به مشارکت مشترکین در این فعالیت‌ها می‌پردازد. در ادامه به برخی از روش‌های سرمایه‌گذاری در ذخیره‌سازهای اشتراکی انرژی پرداخته و مزایا و معایب آن‌ها بیان می‌شود:

### (۱) سرمایه‌گذاری توسط شبکه توزیع

مستقل را ندارند، بتوانند به خدمات ذخیره‌سازی موردنیاز، به‌ویژه برای عملیات شارژ و دشارژ، دسترسی داشته باشند. این مفهوم که به‌عنوان ذخیره‌سازی ابری انرژی (CESS<sup>۲</sup>) برای کاربردهای مبتنی بر جامعه شناخته می‌شود، امکان استفاده اشتراکی از سیستم‌های ذخیره‌سازی را فراهم می‌کند. CESS می‌تواند توسط کاربران نهایی محلی و در قالب یک شرکت تعاونی تأمین مالی و مدیریت شود؛ به این صورت که گروهی از کاربران روی یک CESS سرمایه‌گذاری کرده و از مزایای آن بهره‌مند شوند. این سرمایه‌گذاری اشتراکی دوره بازگشت سرمایه را در مقایسه با ESS‌های مستقل که توسط هر کاربر به‌صورت جداگانه نصب می‌شود، کوتاه‌تر می‌کند. علاوه بر این، CESS می‌تواند به‌عنوان یک فرصت تجاری مورد توجه قرار گیرد و توسط اپراتور سیستم



شکل ۱: چارچوب سیستم ذخیره ساز ابری

<sup>۱</sup>-Distribution System Operator

<sup>۲</sup>-Energy Storage System

با این روش، شرکت‌های توزیع انرژی می‌توانند به‌صورت سرمایه‌گذار در تهیه و نصب ذخیره‌سازهای اشتراکی انرژی شرکت کنند. این نوع سرمایه‌گذاری مزایایی از قبیل افزایش یادگیری نصب و بهره‌برداری از ذخیره‌سازهای انرژی برای شرکت‌های توزیع، افزایش انعطاف‌پذیری و بهره‌وری شبکه توزیع، حمایت از توسعه انرژی پاک و تجدیدپذیر می‌باشد.

## ۲) سرمایه‌گذاری توسط شرکت‌های خصوصی

سرمایه‌گذاری در ذخیره‌سازهای اشتراکی انرژی توسط شرکت‌های خصوصی به معنای تأمین مالی، ساخت و بهره‌برداری از تأسیسات ذخیره‌سازی انرژی توسط این شرکت‌ها برای استفاده مشترک توسط کاربران مختلف است. این مدل سرمایه‌گذاری می‌تواند به بهبود بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و افزایش قابلیت اطمینان سیستم‌های انرژی کمک کند.

## ۳) سرمایه‌گذاری توسط مشترکین

سرمایه‌گذاری در ذخیره‌سازهای اشتراکی انرژی توسط مشترکین به این معنا است که گروهی از کاربران نهایی مانند خانوارها، کسب‌وکارها و یا سازمان‌ها به صورت مشترک در تأسیسات ذخیره‌سازی انرژی سرمایه‌گذاری می‌کنند و از این تأسیسات برای بهینه‌سازی مصرف انرژی خود استفاده می‌کنند. این مدل سرمایه‌گذاری می‌تواند به اشتراک منابع، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری منجر شود.

مشترکین به صورت گروهی منابع مالی خود را جمع‌آوری کرده و در تأسیسات ذخیره‌سازی انرژی، مانند باتری‌های بزرگ، سیستم‌های ذخیره‌سازی آبی یا سایر فناوری‌های ذخیره‌سازی سرمایه‌گذاری می‌کنند. این تأسیسات ممکن است در یک مکان مشترک نصب شوند یا به صورت توزیع شده در

مکان‌های مختلف قرار گیرند. مشترکین به صورت گروهی یا از طریق یک نهاد مدیریتی انتخاب‌شده، مسئولیت بهره‌برداری و نگهداری از تأسیسات ذخیره‌سازی انرژی را بر عهده دارند. این شامل مدیریت چرخه‌های شارژ و دشارژ، نظارت بر عملکرد و انجام تعمیرات لازم است. انرژی ذخیره شده به صورت مشترک بین مشترکین تقسیم می‌شود. هر مشترک می‌تواند بسته به نیاز خود از این انرژی استفاده کند و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری را براساس میزان استفاده پرداخت کند. از مزایای سرمایه‌گذاری به این روش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- \* کاهش هزینه‌ها: با سرمایه‌گذاری مشترک، هزینه‌های نصب و بهره‌برداری از تأسیسات ذخیره‌سازی بین مشترکین تقسیم می‌شود، که می‌تواند هزینه‌های نهایی را کاهش دهد.
- \* افزایش بهره‌وری: استفاده مشترک از تأسیسات ذخیره‌سازی می‌تواند منجر به بهبود بهره‌وری و استفاده بهینه‌تر از ظرفیت ذخیره‌سازی شود.
- \* توزیع ریسک: ریسک‌های مالی و عملیاتی بین مشترکین تقسیم می‌شود، که می‌تواند خطرات سرمایه‌گذاری را کاهش دهد.

- \* انعطاف‌پذیری: مشترکین می‌توانند براساس نیازهای خود از تأسیسات ذخیره‌سازی استفاده کنند و انرژی را در زمان‌های مناسب ذخیره و مصرف کنند.

معایب این روش سرمایه‌گذاری نیز در زیر آورده شده‌اند:

- \* هماهنگی و مدیریت: مدیریت مشترک تأسیسات ذخیره‌سازی نیازمند هماهنگی بین مشترکین است که ممکن است به مشکلاتی مانند اختلاف نظر و تأخیر در تصمیم‌گیری منجر

شود.

\* مسائل حقوقی و قراردادی: ایجاد توافقات حقوقی و قراردادی بین مشترکین برای تعیین سهم هر مشترک و نحوه استفاده از تأسیسات می‌تواند پیچیده و زمان‌بر باشد.

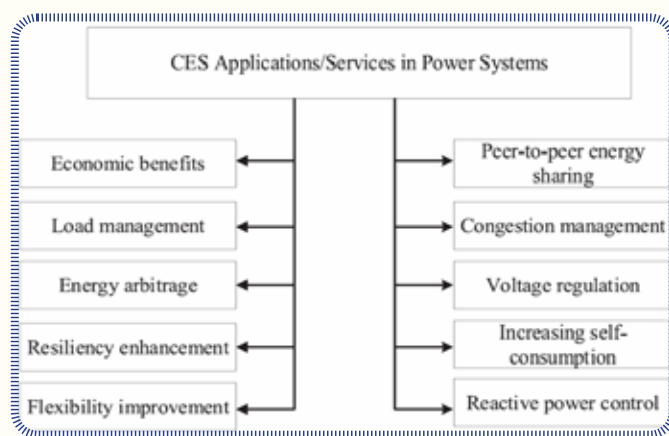
\* هزینه‌های اولیه بالا: حتی با تقسیم هزینه‌ها، سرمایه‌گذاری اولیه برای تأسیسات ذخیره‌سازی انرژی، ممکن است برای برخی از مشترکین بالا باشد.

\* نگهداری و تعمیرات: بهره‌برداری و نگهداری از تأسیسات ذخیره‌سازی انرژی نیازمند تخصص و منابع مالی است که باید بین مشترکین به درستی تقسیم شود.

## مزایا و خدمات سیستم‌های ذخیره انرژی ابری

ادغام CESS در سیستم‌های قدرت نه تنها سودآوری را برای کاربران فراهم می‌کند، بلکه به دلیل ظرفیت بالای ذخیره‌سازی، خدمات جانبی را نیز ارائه می‌دهد. شکل (۲) کاربردها و خدمات ممکن را با ادغام CESS در سیستم‌های قدرت نشان می‌دهد.

چندین مطالعه خدمات ارائه شده توسط CESS را در



شکل ۲: مزایا و خدمات سیستم‌های ذخیره انرژی ابری  
سیستم‌های قدرت گزارش کرده اند. خدمات موجود

بیشتر برای کاهش هزینه برق، مدیریت بارها، سهولت به اشتراک گذاری انرژی، مدیریت ازدحام شبکه توزیع، افزایش خود مصرفی RES های توزیع شده و تنظیم ولتاژ در سیستم توزیع است. در این بخش خدمات CESS مورد بحث قرار گرفته و بررسی فنی براساس مطالعات موجود برای هر سرویس CESS ارائه شده است.

### ۱) مزایای اقتصادی

هدف اصلی و اولیه ادغام CESS کاهش هزینه برق کاربران و در عین حال به حداکثر رساندن درآمد برای اپراتور CESS است. CESS باید بتواند از طریق تجارت کارآمد با شبکه برق و شارژ و دشارژ هوشمند کاربران با و بدون پنل‌های خورشیدی و نیروگاه‌های بادی توزیع شده، منافعی را برای کاربران و اپراتور به ارمغان بیاورد.

### ۲) مدیریت بار

به کلیه واکنش‌های مصرف کنندگان در تغییر مشخصات بار از قبیل تراشیدن پیک، اصلاح منحنی بار، جابجایی بار، بازیابی بار و تسطیح بار اشاره دارد. ادغام CESS امکانات جدیدی را برای دستیابی به این وظایف مدیریت بار در شبکه برق به ارمغان می‌آورد.

### ۳) آربیتراژ انرژی

مفهوم اصلی پشت استراتژی آربیتراژ انرژی، خرید برق بیشتر در دوره‌های زمانی خارج از پیک توسط CESS و سپس فروش مجدد آن به شبکه اصلی در دوره‌های اوج مصرف است. برای کمک به آربیتراژ انرژی در بازار برق، امکان معامله انرژی در بازار روزانه یا بازار  $DA^V$  وجود دارد. به دلیل مشکل در پیش‌بینی عملکرد  $DA$  سیستم قدرت، شرکت در بازار  $DA$  دشوارتر است.

۴) اشتراک انرژی همتا به همتا<sup>۸</sup>

اپراتور CESS می تواند انرژی را با سایر بازیگران بازار انرژی در شبکه های توزیع مانند مالکان DG و اپراتورهای ریزشبکه معامله کند. به این ترتیب، مشکل استراتژی های تجارت قدرت در میان این بازیگران را می توان با استفاده از رویکرد همتا به همتا مدل کرد. مطالعات موجود بیشتر تعاملات بین مصرف کنندگان CESS در اشتراک انرژی همتا به همتا را مورد بررسی قرار داده است.

## ۵) مدیریت تراکم

مدیریت ازدحام به رفع یا حذف ازدحام در خطوط انتقال و توزیع برای اطمینان از عملکرد قابل اعتماد شبکه برق بدون نقض محدودیت های سیستم قدرت اشاره دارد. سیستم های ESS به عنوان یک ابزار کارآمد برای مشکل مدیریت تراکم شناخته شده اند. این سرویس توسط CESS نیز امکان پذیر است. در واقع، CESS باید دستورات مدیریت تراکم را از اپراتور سیستم توزیع (DSO<sup>۹</sup>) یا اپراتور سیستم انتقال (TSO<sup>۱۰</sup>) دنبال کند. اما این کار باید توسط اپراتور CESS پس از انجام تعهدات کاربران انجام شود.

## ۶) تنظیم ولتاژ

تنظیم ولتاژ به کنترل و مدیریت سطح ولتاژ برای ثابت نگه داشتن آن در شرایط بار مختلف اشاره دارد. از آنجایی که امکان مدیریت توان اکتیو و راکتیو توسط CESS وجود دارد، می تواند در تنظیم ولتاژ شبکه توزیع مشارکت کند.

## ۷) افزایش خود مصرفی

افزایش خود مصرفی RES های توزیع شده بادی و خورشیدی به معنای استفاده بیشتر از توان تولید شده توسط این منابع برای نیاز کاربران به برق به

جای صادرات آن به شبکه اصلی است.

## ۸) بهبود انعطاف پذیری

امروزه ارائه انعطاف پذیری برای DSO و TSO به یک موضوع مهم تبدیل شده است. از آنجایی که CESS از یک سو به منابع انرژی انعطاف پذیر مجهز است و از سوی دیگر می تواند از برنامه های DR<sup>۱۱</sup> برای تغییر مشخصات مصرف انرژی مصرف کنندگان استفاده کند، قابلیت انعطاف پذیری را برای اپراتورهای سیستم دارد. برای ارائه این انعطاف پذیری برای TSO، اپراتور CESS می تواند در بازارهای خدمات جانبی مانند بازارهای ذخیره چرخشی و تنظیمی شرکت کند.

## ۹) افزایش تاب آوری

انعطاف پذیری اصطلاحی است که نشان می دهد چگونه سیستم قدرت در برابر حوادث با ضربه زیاد مانند قطع شدن شبکه مقاومت می کند. سیستم های DES را می توان برای بهبود انعطاف پذیری در سیستم های قدرت استفاده کرد.

### سناریوهای کاربردی سیستم ذخیره انرژی ابری

در این زیربخش، سیستم ذخیره انرژی ابری براساس سناریوهای کاربردی معمولی به ۳ دسته تقسیم می شود: سیستم ذخیره انرژی ابری سمت منبع، سیستم ذخیره انرژی ابری سمت شبکه و سیستم ذخیره انرژی ابری سمت تقاضا.

#### الف) سیستم ذخیره انرژی ابری سمت منبع

نمودار شماتیک سیستم ذخیره انرژی ابری سمت منبع در شکل (۳) نشان داده شده است. در سیستم ذخیره انرژی ابری سمت منبع، کاربران عمدتاً منابع

<sup>۹</sup>-Distribution System Operator      <sup>۱۱</sup>-Demand Response

<sup>۱۰</sup>-Transmission system operator

ذخیره انرژی نیروگاه‌های مختلف وجود دارد.

### ب) سیستم ذخیره انرژی ابری سمت شبکه

چارچوب اصلی سیستم ذخیره انرژی ابری سمت شبکه در شکل (۴) نشان داده شده است. کاربران سمت شبکه به ویژه به شرکت‌های شبکه برق اشاره می‌شود. شرکت شبکه برق معمولاً یک نهاد مستقل و یکپارچه است و اغلب ذخیره انرژی خودساخته را برای تنظیم فرکانس، تراشیدن پیک، غیره دارد. برای مدل تجاری سیستم ذخیره انرژی ابری، خدمات سیستم ذخیره انرژی ابری سمت شبکه اغلب با

انرژی از دیدگاه سیستم قدرت هستند، از جمله مزارع بادی، نیروگاه‌های فتوولتائیک، نیروگاه‌های زغال سنگ، نیروگاه‌ها و غیره. سیستم ذخیره‌سازی متمرکز انرژی باتری، ذخیره‌سازی انرژی آبی پمپ شده و ذخیره‌سازی انرژی هوای فشرده، تأمین‌کنندگان مناسب ذخیره‌سازی انرژی در این سناریوی کاربردی هستند.

تحت روند کربن زدایی در سراسر جهان، نیروگاه‌ها، به ویژه نیروگاه‌های تجدیدپذیر، تقاضا برای استفاده از ذخیره انرژی را ترغیب کرده اند. به استثنای



شکل ۳: سیستم ذخیره انرژی ابری سمت منبع

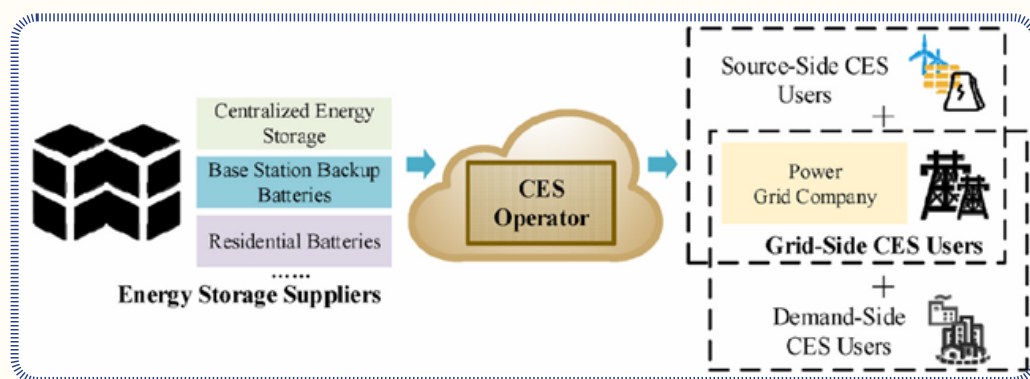
خدمات سیستم ذخیره انرژی ابری سمت منبع و خدمات سیستم ذخیره انرژی ابری سمت تقاضا هماهنگ می‌شوند. از آنجایی که ظرفیت‌های ذخیره انرژی از طرف منبع و تقاضا معمولاً برای ارائه خدمات سیستم ذخیره انرژی ابری در سمت شبکه استفاده می‌شود، بنابراین یکی از وظایف مهم برای سیستم ذخیره انرژی ابری سمت شبکه، جمع‌آوری امکانات ذخیره‌سازی انرژی غیرفعال برای بهبود کارایی استفاده از منابع ذخیره‌سازی انرژی موجود است. منبع ذخیره انرژی برای سیستم ذخیره انرژی ابری سمت شبکه می‌تواند منابع ذخیره انرژی مانند باتری‌های پشتیبان ایستگاه‌های پایه ارتباطی، ایستگاه شارژ وسایل نقلیه الکتریکی و باتری‌های مسکونی باشد، همچنین می‌تواند ذخیره‌سازی متمرکز انرژی باشد که عمدتاً توسط کاربران سمت منبع سرمایه‌گذاری می‌شود.

نیازهای کاهش توان باد و کاهش فتوولتائیک، نیروگاه‌های تجدیدپذیر می‌توانند دستگاه‌های ذخیره انرژی را برای جبران خطاهای خروجی و هموارسازی منحنی‌های خروجی برای کاهش جریمه ارزیابی ناشی از مقررات متصل به شبکه تطبیق دهند. علاوه بر این، نیروگاه‌ها با کمک امکانات ذخیره‌سازی انرژی می‌توانند قابلیت تنظیم توان انعطاف‌پذیرتری را به دست آورند و درآمد خود را از بازار خدمات جانبی مانند ارائه توان رزرو و فرکانس بهبود بخشند. در نتیجه آن‌ها می‌توانند به تنهایی در تأسیسات ذخیره انرژی سرمایه‌گذاری کنند یا خرید خدمات ذخیره‌سازی انرژی را از اپراتور سیستم ذخیره انرژی ابری انتخاب کنند. در مقایسه با مدل سنتی استفاده از ذخیره‌سازی انرژی خودساخته، مدل سیستم ذخیره انرژی ابری راه‌حل ارزان‌تری برای نیروگاه‌ها ارائه می‌کند، زیرا معمولاً مکملی بین نیازهای استفاده از

سیستم ذخیره انرژی ابری دارای طیف گسترده‌ای از سناریوهای کاربردی در سمت شبکه است. با این حال، سیستم ذخیره انرژی ابری محدودیت‌هایی نیز دارد. برخی از کارکردها وجود دارد که به راحتی توسط ذخیره انرژی خصوصی قابل تحقق هستند، اما دستیابی به آن‌ها توسط مدل سیستم ذخیره انرژی ابری دشوار است.

کاربردهای رایج و معمولی سیستم ذخیره انرژی ابری سمت شبکه، ارائه خدمات جانبی مانند تراشیدن پیک، تنظیم فرکانس و ذخیره توان. در مدل سیستم ذخیره انرژی ابری، انواع زیادی از منابع ذخیره انرژی برای انواع مختلف کاربردهای خدمات کمکی موجود است. نوع ذخیره انرژی را می‌توان به طور خاص برای دستیابی به جایگزینی مؤثر برای منابع تنظیم توان انتخاب کرد. به عنوان مثال، باتری‌های ایستگاه پایه در تنظیم توان عملکرد خوبی دارند و برای کاربردهایی مانند تنظیم فرکانس مناسب هستند. برای کاربردهایی با بازه‌های زمانی طولانی و نیازهای کمیت الکتریکی بالا مانند تراشیدن پیک، برخی از امکانات ذخیره‌سازی متمرکز انرژی مانند ذخیره‌سازی انرژی آبی پمپ شده و ذخیره‌سازی انرژی هوای فشرده را می‌توان برای این استفاده به اشتراک گذاشت. با توجه به مزایای سیستم ذخیره انرژی ابری از نظر هزینه کم، انتظار می‌رود کاربرد آن در زمینه‌های فوق باعث ارتقای مصرف انرژی

تجدیدپذیر و همچنین کاهش انتشار کربن و در عین حال بهبود اقتصادی بهره‌برداری شبکه برق شود. یکی دیگر از سناریوهای کاربردی معمول ذخیره انرژی در سمت شبکه، پشتیبانی برق اضطراری برای سیستم مانند ذخیره اضطراری است. با توجه به اینکه ارائه خدمات سیستم ذخیره انرژی ابری سمت شبکه به زیرساخت شبکه مستحکم متکی است، خرابی شبکه ممکن است باعث خرابی سیستم ذخیره انرژی ابری شود. بنابراین، امکان توانایی سیستم ذخیره انرژی ابری برای ارائه خدمات قابل اعتماد در شرایط خطا یا قطعی هنوز ثابت نشده است. به طور سنتی، ذخیره انرژی همچنین می‌تواند خدماتی نظیر بهینه‌سازی توان راکتیو، کنترل ولتاژ، و بهینه‌سازی جریان برق را برای شبکه ارائه دهد. در برخی از سناریوهای خاص، سیستم ذخیره انرژی ابری در قالب یک جمع‌کننده ذخیره انرژی توزیع شده ممکن است بتواند خدماتی مانند کاهش ازدحام جریان برق را برای خطوط کلیدی سیستم ارائه دهد، اما اثربخشی آن باید نشان داده شود. شایان ذکر است که اگرچه سیستم ذخیره انرژی ابری ممکن است تحت شرایط تصادفی غیرقابل اعتماد باشد، اما همچنان ممکن است به افزایش قابلیت اطمینان سیستم در مرحله خاصی کمک. علاوه بر این، برخی از مطالعات مانند معتقدند که قابلیت اطمینان شبکه‌های برق در مناطق خاص به اندازه کافی قوی است و احتمال استفاده از ذخیره



شکل ۴: سیستم ذخیره انرژی ابری سمت شبکه

و غیره هستند. الزامات کاربرد ذخیره انرژی آن‌ها عموماً مشابه و نسبتاً ساده است. برای کاربرانی که منابع انرژی تجدیدپذیر توزیع شده ندارند، تقاضا برای ذخیره انرژی عمدتاً به عنوان تنظیم نمایه بار آن‌ها برای کاهش هزینه‌های برق در پاسخ به قیمت‌های اوج و دره برق منعکس می‌شود. برای کاربرانی که منابع انرژی تجدیدپذیر خصوصی دارند، می‌توانند استفاده کامل‌تری از برق فتوولتائیک و درجه بیشتری از کاهش هزینه را از طریق سیستم ذخیره انرژی ابری دریافت کنند. در این شرایط، هم ایستگاه‌های ذخیره‌سازی انرژی متمرکز و هم دستگاه‌های ذخیره‌سازی انرژی توزیع‌شده انبوه می‌توانند خدمات سیستم ذخیره انرژی ابری را برای کاربران طرف تقاضا ارائه دهند. مزایای اصلی مدل سیستم ذخیره انرژی ابری در مقررات متمرکز و کارآمد و همچنین صرفه‌جویی در مقیاس منعکس خواهد شد. علاوه بر این، در مقایسه با سیستم ذخیره انرژی ابری سمت منبع و سیستم ذخیره انرژی ابری سمت شبکه، منابع دستگاه‌های ذخیره انرژی انبوه در سیستم‌های سیستم ذخیره انرژی ابری سمت تقاضا می‌تواند متنوع‌تر باشد.

امروزه بسیاری از شرکت‌های خدمات انرژی اکتشافات عملی را با هدف CESS سمت تقاضا انجام داده‌اند. شرکت SMUD در کالیفرنیا، ایالات متحده پروژه سهام ذخیره انرژی را پیشنهاد کرد که اولین

انرژی برای پشتیبان‌گیری اضطراری نسبتاً کم است. بنابراین، ارائه پشتیبان اضطراری منبع درآمد اصلی برای اپراتور سیستم ذخیره انرژی ابری سمت شبکه نیست. بنابراین، با فرض اطمینان از قابلیت اطمینان خدمات سیستم ذخیره انرژی ابری، منابع درآمدی بالقوه سیستم ذخیره انرژی ابری سمت شبکه عمدتاً شامل موارد زیر است: (۱) برای بخش برنامه‌ریزی شرکت‌های توزیع، سیستم ذخیره انرژی ابری می‌تواند خدمات تعادل قدرت مانند مصرف انرژی تجدیدپذیر را برای کمک به تأخیر در زمان، برنامه‌ریزی توسعه زیرساخت و الزامات ارتقاء شبکه، کاهش هزینه سرمایه‌گذاری ساخت و ساز شرکت‌های شبکه ارائه دهد. (۲) برای بخش بهره‌برداری و بازاریابی شرکت‌های شبکه برق، خدمات ذخیره پیک، تنظیم فرکانس و خدمات ذخیره چرخشی را برای بهبود کیفیت، قابلیت اطمینان و صرفه جویی در خدمات برق در شرایط بهره‌برداری عادی ارائه دهد. (۳) به عنوان منبع تغذیه کمکی برای مرحله بازاریابی بار شروع سیاه شبکه برق، پشتیبانی از بهره‌برداری ایمن و بازاریابی سریع شبکه برق.

### پ) سیستم ذخیره انرژی ابری سمت تقاضا

نمودار شماتیک سیستم ذخیره انرژی ابری برای کاربران طرف تقاضا در شکل ۵ نشان داده شده است. کاربران سیستم ذخیره انرژی ابری سمت تقاضا شامل بارهای تجاری، مسکونی، صنعتی



شکل ۵: سیستم ذخیره انرژی ابری سمت تقاضا

پروژه اشتراک گذاری ذخیره انرژی در ایالات متحده است.

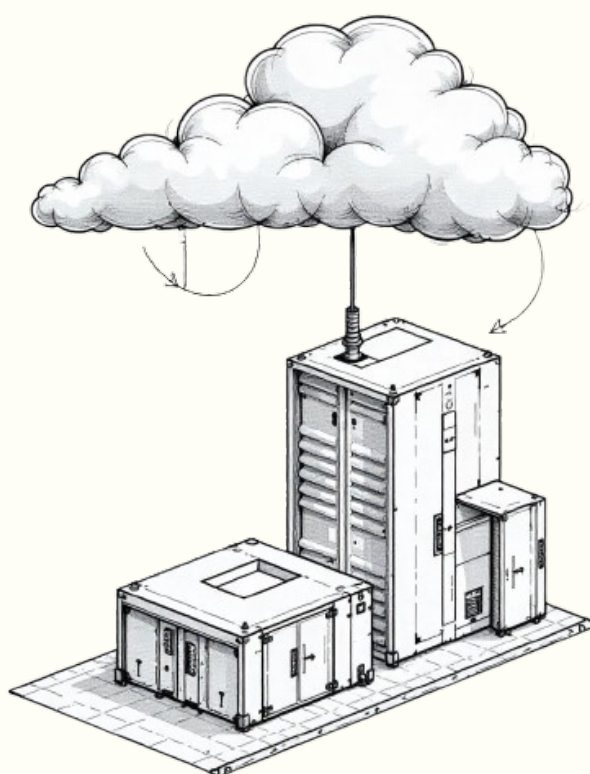
### نتیجه گیری

با رشد روزافزون منابع تجدیدپذیر و گسترش شبکه‌های هوشمند، نیاز به سیستم‌های ذخیره‌سازی ابری بیش از پیش احساس می‌شود. این سیستم‌ها به‌عنوان راهکاری نوین، امکان ذخیره‌سازی و تبادل انرژی را به‌صورت انعطاف‌پذیر و کارآمد فراهم کرده و نقش مهمی در کاهش هزینه‌های عملیاتی و بهبود پایداری شبکه‌های توزیع ایفا می‌کنند. ازاین‌رو، در این مقاله ابتدا مزایا و چالش‌های این سیستم‌ها بررسی شد. ذخیره‌سازی ابری موجب بهینه‌سازی بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش وابستگی به شبکه، افزایش قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری شبکه‌های توزیع می‌شود. بااین‌حال، چالش‌هایی همچون امنیت داده‌ها، پیچیدگی در پیاده‌سازی و هزینه‌های سرمایه‌گذاری بالا از موانع مهم این فناوری محسوب می‌شوند. در ادامه، انواع سرمایه‌گذاری در این سیستم‌ها مورد تحلیل قرار گرفت که شامل مدل‌های مالکیتی، سرمایه‌گذاری مشارکتی، روش‌های مبتنی بر بازار و مدل‌های کسب‌وکار جدید در حوزه ذخیره‌سازی ابری می‌شود. بررسی این رویکردها نشان داد که هر یک از مدل‌های سرمایه‌گذاری، بسته به شرایط اقتصادی و فنی، مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارند. در نهایت، پیاده‌سازی این فناوری از سه جنبه اصلی تحلیل گردید. در سمت شبکه، یکپارچه‌سازی با منابع توزیع‌شده، بهینه‌سازی تبادل توان و کنترل پیشرفته شبکه‌های هوشمند بررسی شد. در سمت منبع، مدیریت و کنترل دینامیکی ذخیره‌سازها، استراتژی‌های بهره‌برداری بهینه و هماهنگی با تولید تجدیدپذیر مورد توجه قرار گرفت. در سمت تقاضا نیز،

نقش مصرف‌کنندگان، روش‌های مدیریت بار، کاهش پیک مصرف و مشارکت در بازار خدمات جانبی تحلیل شد. در مجموع، توسعه سیستم‌های ذخیره‌سازی ابری، علی‌رغم چالش‌های موجود، می‌تواند تحولی اساسی در مدیریت انرژی و پایداری شبکه‌های آینده ایجاد کند.

## مراجع

- [1] Golshannavaz, Sajjad, Mostafa Esmaeeli, Farrokh Aminifar, and Mohammad Shahidehpour. «Cloud-Based Energy Storage Systems: A shared pool of benefits in distributed electric power systems.» IEEE Electrification Magazine 10, no. 2 (2022): 82-91.
- [2] Khezri, Rahmat, Salah Bahramara, and Amin Mahmoudi. «Cloud energy storage in power systems: Concept, applications, and technical challenges.» IET Generation, Transmission & Distribution 17, no. 8 (2023): 1690-1706.
- [3] Zhang, Shixu, Yaowang Li, Ershun Du, Chuan Fan, Zhenlong Wu, Yong Yao, Lurao Liu, and Ning Zhang. «A review and outlook on cloud energy storage: An aggregated and shared utilizing method of energy storage system.» Renewable and Sustainable Energy Reviews (2023): 113606.
- [4] Esmaeeli, Mostafa, and Sajjad Golshannavaz. «Optimal allocation of cloud energy storage system in low-voltage distribution network.» Sustainable Energy, Grids and Networks 34 (2023): 101053.
- [5] Chang, Hsiu-Chuan, Bissan Ghaddar, and Jatin Nathwani. «Shared community energy storage allocation and optimization.» Applied Energy 318 (2022): 119160.





## Power Market بازار برق



M.seydi@znu.ac.ir

محمد صیدی - دانشجوی مقطع دکتری تخصصی برق قدرت دانشگاه زنجان

### مقدمه

در ساختار صنعت برق از تولید تا مصرف، علاوه بر بحث‌های فیزیکی و ادوات آن، مدیریت و بهره‌برداری شبکه همواره یکی از بحث‌های فنی و جدایی‌ناپذیر آن از دید مهندسی برق و اقتصاد بوده است. از نظر اقتصادی، برق کالایی است که قابلیت خرید و فروش دارد. ساختار فعلی (سنتی) صنعت برق به خاطر مشکلاتی از قبیل، سازوکار ناکارآمد قیمت‌گذاری برق، عدم شفافیت در ساختارهای اقتصادی و عدم ایجاد فضای رقابتی منجر به کاهش سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در این صنعت و در نتیجه، پیشی گرفتن تقاضای برق از تولید آن در فصول مختلف سال شده است. بنابراین، بازار برق به عنوان سازوکاری نو، فضایی را برای خرید و فروش برق، به منظور تعیین قیمت بهینه ایجاد می‌کند تا انحصار موجود در بازار سنتی شکسته شده و سیستم رقابتی بر بازار حاکم شود و باعث پویایی بیشتر و رفع مشکلات موجود در بازار سنتی شود؛ از این رو به این نوع حالت بهره‌برداری شبکه، سیستم برق تجدیدساختار یافته نیز می‌گویند.

تجدیدساختار در واقع جداسازی بخش رقابتی از بخش انحصاری و یا حتی در مواردی، ایجاد فضای رقابتی است؛ که به دنبال کاهش تصدی‌گری دولت در صنعت برق با هدف تقویت جایگاه بخش خصوصی و شکوفایی اقتصادی است.

در این مقاله، با معرفی سازوکار بازار برق تجدید ساختار یافته و نیز بررسی مقدمات و الزامات ایجاد و

بهره‌برداری بدون در نظر گرفتن تلفات شبکه<sup>(1)</sup> (ELD) و بهره‌برداری با در نظر داشتن تلفات شبکه<sup>(2)</sup> (OPF) انجام می‌شود [۱-۲].

اما در محیط تجدید ساختار یافته، انحصار روی تولید، انتقال و توزیع انرژی در سطوح مختلف و طبق مدل‌های متنوع، شکسته می‌شود. به همین دلیل، انحصارزدایی همواره یکی از ویژگی‌های مهم این بازار تلقی می‌شود. در بازار برق تجدید ساختار یافته، واحدهای تولید، انتقال و توزیع می‌توانند به صورت مستقل، در محیط تبادل انرژی نقش‌آفرینی کنند؛ از این رو به آن‌ها بازیگران بازار نیز گفته می‌شود. وجهه دیگر بازیگران بازار صرفاً مصرف‌کننده‌ها خواهند بود. بنابراین بازیگران مولد انرژی در این بازار، فروشنده و مصرف‌کنندگان، خریدار خواهند بود. در کنار این‌ها، محیط بازار به یک بهره‌بردار مستقل به نام ISO<sup>۳</sup> نیاز دارد تا بدون وابستگی به دو طرف معامله، و صرفاً به منظور مدیریت شبکه و تنظیم معاملات، وظیفه بازارگردانی را داشته باشد؛ به این ارگان اپراتور یا بهره‌بردار مستقل سیستم نیز می‌گویند [۳].

### سازماندهی تبادل انرژی در بازار برق تجدید ساختار یافته

منظور از تجدید ساختار سیستم قدرت<sup>۴</sup>، تغییر شرایط و ادوات فیزیکی شبکه نیست؛ بلکه به معنای بهینه‌سازی شرایط بهره‌برداری و بازارگردانی آن است. سیستم قدرت، با پذیرش قوانین تجدید ساختار عملاً به یک بازار تبادل کالا تبدیل می‌شود که در آن انرژی اکتیو (توان اکتیو) به عنوان کالای اصلی، در بازار انرژی و نیز خدمات جانبی مانند انرژی راکتیو، ذخیره چرخان، ذخیره غیرچرخان و... در بازار

پیاده‌سازی آن برای جایگزینی بازار برق سنتی، مدل‌های مختلف بازار برق رقابتی، ارائه و سپس نمونه‌هایی از این سازوکار را که در کشورهای پیشرو به نحو قابل قبولی پیاده‌سازی و اجرا شده را بررسی می‌کنیم.

### کلید واژه‌ها:

بازار برق تجدید ساختار یافته - انحصارزدایی - بهره‌برداری بهینه از شبکه - قیمت گذاری دستوری - قیمت گذاری بهینه - بازار برق رقابتی - بهره‌برداری از شبکه - برنامه ریزی در مدار قرار گرفتن واحدها. Restructured Power Market, de-Monopoly, Price-based Unit-Commitment, Price auction market-Optimized Power Flow

### مدل‌های مختلف بهره‌برداری از شبکه

هسته اصلی مسئله بهره‌برداری از شبکه را می‌توان به بحث، برنامه‌ریزی در مدار قرار گرفتن نیروگاه‌ها اطلاق کرد. این به معنای برنامه ریزی روزانه قرارگیری واحدها در مدار براساس پیش‌بینی بار است. در یک دسته‌بندی اولیه، بهره‌برداری از شبکه را می‌توان به دو دسته ۱- سنتی و ۲- تجدید ساختاریافته، تقسیم‌بندی کرد. در حالت اول، برنامه‌ریزی تولید، انتقال و توزیع انرژی از مراکز تولید تا مراکز مصرف توسط ارگانی واحد (معمولاً دولت) صورت می‌پذیرد. علاوه بر این در مدل سنتی، بهره‌برداری از شبکه با هدف مینیمم کردن هزینه صورت می‌پذیرد. به عبارت دیگر، در این مدل برنامه‌ریزی، در مدار گرفتن واحدها به ترتیبی انجام می‌شود که واحدهای ارزانتر، بیشتر و واحدهای گران‌تر، کم‌تر در جریان تولید و تحویل انرژی به شبکه باشند. این مدل خود به دو دسته

۱-Economic Load Dispatch

۳-Independent System Operator

۲-Optimal Power Flow

۴-Power System Restructuring

تعیین می‌شود. به عبارت دیگر فروشنده ۱<sup>۴</sup> سود می‌کند چون با قیمتی بیشتر از قیمت پیشنهادی خود انرژی را فروخته، و نیز خریدار ۱ شرایط بهتری را دریافت می‌کند چرا که با قیمت کمتری از قیمت پیشنهادی، توانسته انرژی موردنیاز را خریداری کند. بدین ترتیب سود ماکزیمم که جزو اهداف بازار برق تجدید ساختاریافته بود، حاصل می‌شود.

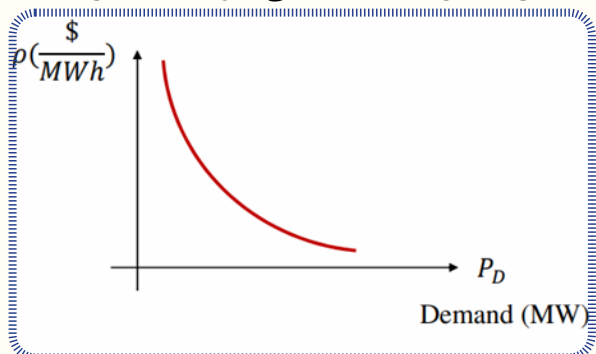
### ساز و کار تعیین قیمت پیشنهادی در محیط رقابتی

بازیگران بازار برای فروش و تأمین انرژی موردنیاز در شبکه، بایستی براساس پیش‌بینی مطلوب و نیز عملیات حساب شده به ایفا نقش در بازار بپردازند. به عبارت دیگر با توجه به رقابتی بودن بازار و میل بازیگران به نیل به سود بیشتر، عدم برنامه‌ریزی دقیق برای فروش و یا خرید انرژی در بازار علاوه بر جابجایی از انجام معامله در بازار، می‌تواند به ضرر و زیان ناشی از عدم فروش و یا تأمین انرژی موردنیاز بی‌انجامد؛ بنابراین معمولاً برای این بخش از بازار نیز ساز و کارهای حساب شده و مفید می‌توان ارائه داد.

#### ۱- تابع تقاضا (خرید) انرژی

تابع تقاضا، ارزش انرژی برای مصرف‌کننده را نشان می‌دهد. اگر  $p$  قیمت برق (انرژی) و  $P_D$  توان مصرفی موردنیاز واحد مصرفی باشد، تابع قیمت انرژی بر حسب تقاضا به صورت شکل ۲ بیان می‌شود:

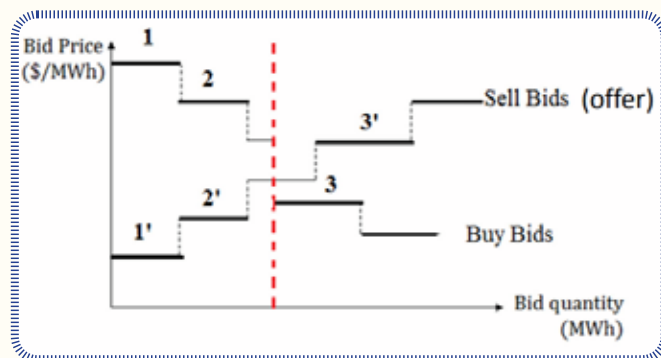
مطابق شکل ۲ مشاهده می‌شود که به ازای مقادیر



شکل ۲- نمودار قیمت برق بر حسب میزان دیماند مصرفی (تقاضا).

خدمات جانبی عرضه می‌گردد.

همان‌طور که پیش‌تر بدان اشاره شد، واحدهای تولیدی به عنوان ارائه‌دهنده انرژی و واحدهای مصرفی به عنوان دریافت‌کننده آن، بازیگران اصلی بازار خواهند بود که می‌توانند براساس ساز و کار فنی که در ادامه شرح داده می‌شود، قیمت مناسب را محاسبه کرده و پیشنهاد دهند. به قیمت‌های پیشنهادی برای خرید در بازار برق رقابتی، Bid و به پیشنهادی فروش Offer گفته می‌شود. قیمت‌های پیشنهادی دو طرف توسط کارگزار سیستم دریافت شده و مرتب می‌شوند. کارگزار سیستم Bid های خرید را به صورت کاهشی (از قیمت بالا به پایین) و Offer های فروش را به صورت افزایشی مرتب می‌کند. معاملات انرژی با انطباق گرانترین پیشنهادی خرید و ارزانترین پیشنهادی فروش انجام می‌شود. مطابق شکل ۱ پیشنهادی خرید و فروش توسط کارگزار سیستم به صورت پله‌ای مرتب شده و نقطه تلاقی آن‌ها نقطه معامله در بازار خواهد بود. گفتنی است که در این شکل پس از خط چین قرمز، هیچ معامله‌ای انجام نخواهد شد، چرا که قیمت‌های پیشنهادی برای خرید در این ناحیه کمتر از قیمت‌های پیشنهادی برای فروش است.



شکل ۱- نمودار معاملات در بازار برق تجدید ساختار یافته مطابق شکل ۱، بین ۱ و ۱<sup>۴</sup> معامله انجام می‌شود؛ بدین ترتیب هر دو طرف سود می‌کنند، چرا که قیمت معامله برابر میانگین دو قیمت پیشنهادی

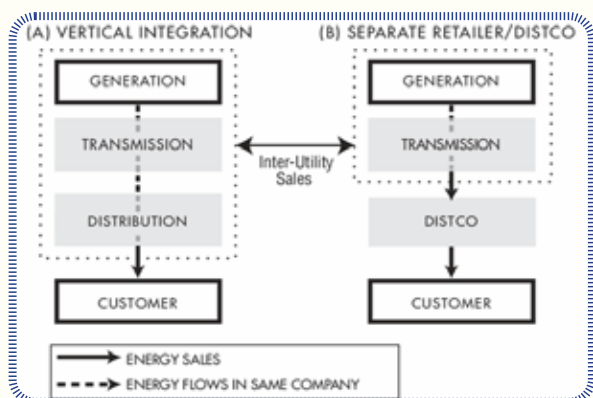
کمتر است. واحدهای نیروگاهی بزرگ عمدتاً بازه مشخصی از تولید توان در حالت مانا دارند. به عبارت دیگر، ژنراتورهای نیروگاههای بزرگ مانند ژنراتورهای گازی، در حالت روشن یک توان به عنوان توان مینیمم تولیدی تحویل می‌دهند که تنها با خاموش شدن ژنراتور این مقدار به صفر می‌رسد. بنابراین فروشندههای بزرگ که به اصطلاح به آنها عمده فروش برق<sup>۵</sup> نیز می‌گویند، در بازار برق به ازای توانهای پایین قیمت بسیار پایین تری ارائه می‌دهند تا مانع از خاموشی واحد تولیدی شوند. چه بسا خاموش و روشن کردن دوباره ژنراتورها می‌تواند هزینه بیشتری برای واحد تولیدی داشته باشد.

### دسته بندی ساختار بازارها براساس سطح رقابت

ساختار بازارها براساس سطح رقابت، از «انحصار کامل» تا «رقابت کامل» قابل دسته‌بندی است. به طور کلی چهار مدل برای ترسیم تکامل صنعت تأمین برق از یک انحصار کامل به رقابت کامل وجود دارد که به صورت زیر بیان می‌شود [۱-۲]

#### ۱- مدل انحصار کامل

در مدل انحصار کامل مطابق شکل ۴، تولید، انتقال



شکل ۴- مدل انحصار

(A) انحصار کامل. (B) انحصار در بخش تولید و انتقال.

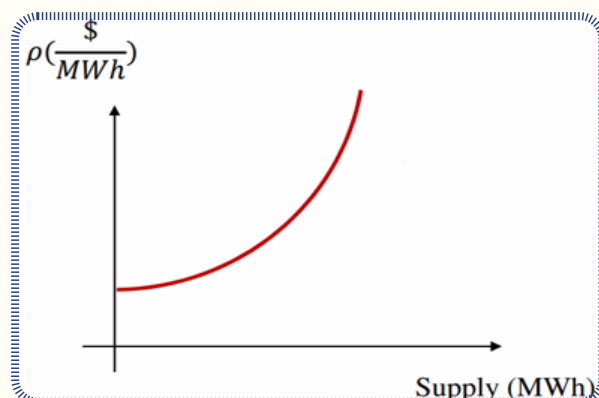
و توزیع توسط یک شرکت اداره می‌شود که در نهایت

اولیه مصرفی، قیمت پیشنهادی برای خرید بیشتر است. دلیل این تفاوت، ضرورت تأمین بارهای ضروری است. به عبارت دیگر از دید مصرف کننده بخشی از بارها به عنوان بار ضروری تلقی شده و خریدار برای اطمینان از تأمین انرژی این بخش‌ها ترجیحاً قیمت بالایی پیشنهاد می‌دهد تا ضریب اطمینان انجام معامله در بازار انرژی را افزایش دهد. علاوه بر این مشخصاً قیمت پیشنهادی برای مقادیر بالای توان کاهش یافته است که حاکی از عدم تمایل خریدار برای هزینه بیشتر روی این مصارف است. لازم به ذکر است که نمودار شکل ۲، قبل از اعمال در بازار، به صورت پله‌ای مرتب شده و قیمت‌ها به ازای بازه‌های توان مشخص دسته بندی می‌شوند (به مانند شکل ۱).

#### ۲- تابع عرضه (فروش) انرژی

تابع عرضه برای واحدهای تولیدکننده و فروشنده انرژی، رفتاری متفاوت با آنچه در تابع تقاضا ارائه شد، از خود بروز می‌دهد. شکل ۳ نمونه‌ای از تابع عرضه برای یک واحد فروشنده انرژی را نشان می‌دهد:

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، قیمت

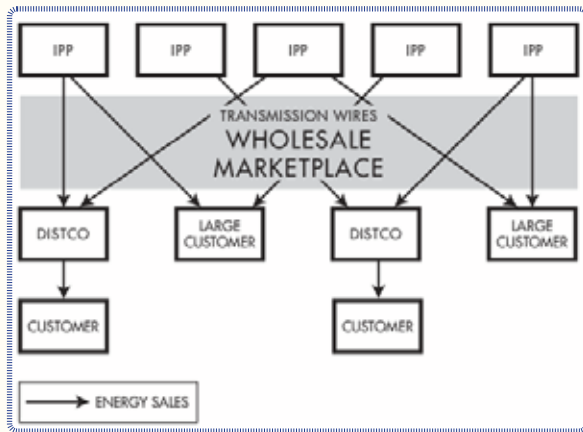


شکل ۳- نمودار قیمت برق بر حسب میزان عرضه.

پیشنهادی واحدهای تولیدی به ازای توان‌های پایین

<sup>۵</sup>-Wholesaler

<sup>۶</sup>-Monopoly

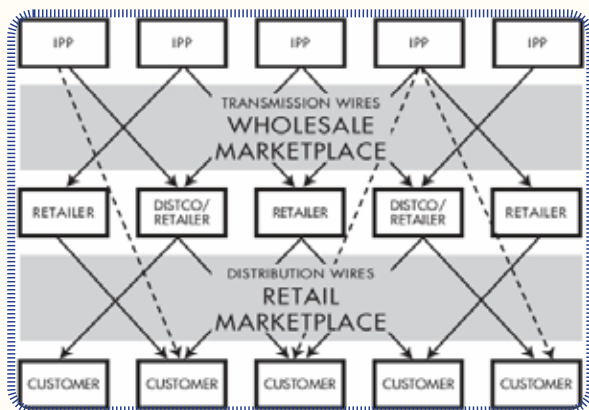


شکل ۶- مدل رقابت عمده فروشی در بازار برق.

خرید از شرکت‌های تولیدی، عملاً از بین رفته باشد.

#### ۴- مدل رقابت خرده فروشی<sup>۱۰</sup> (رقابت کامل)

این مدل که در شکل ۷ به تصویر کشیده شده است، در بخش رقابت عمده فروشی مشابه مدل قبلی است و تمایز آن فقط در بازار خرده فروشی است.



شکل ۷- مدل رقابتی کامل در بازار برق [۴].

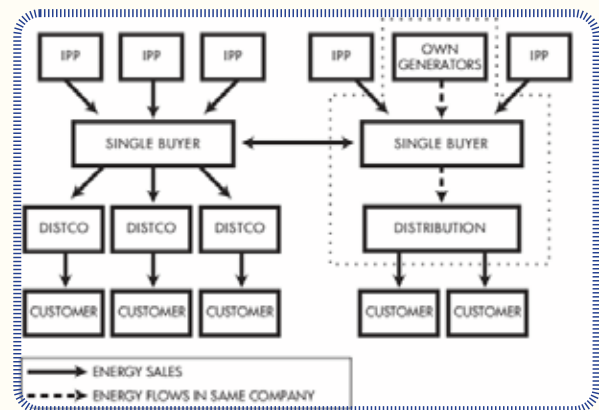
در این مدل تمامی مصرف کنندگان می‌توانند تأمین کننده (خرده فروش) خود را با اختیار کامل انتخاب و یا تغییر دهند. فاکتورهای مهم در این بخش برای انتخاب خرده فروش، می‌تواند قیمت، قابلیت اطمینان انرژی تأمین شده و نیز خدمات پس از فروش خرده فروش‌ها باشد که تمامی این اطلاعات به صورت جداول مدون و طی آمار رسمی توسط خرده فروشان ارائه می‌شود تا به نوعی هم باعث

انرژی را به مصرف کننده نهایی می‌فروشد. در این مدل، شرکت تولید، انتقال و توزیع برق به صورت یکپارچه عمودی عمل می‌کند [۲].

#### ۲- مدل نمایندگی خرید<sup>۷</sup>

اولین اقدام برای عبور از انحصار کامل و رقابتی کردن بازار، مدل نمایندگی خرید است. در این مدل یک شرکت واحد تنها مالک کل ظرفیت تولید نیست و بخشی از ظرفیت تولید به شرکت‌های خصوصی که به IPP<sup>۸</sup> ها معروف‌اند واگذار می‌شود. در این حالت تولیدکنندگان مستقل، تولید خود را به شرکتی که خود را به عنوان نماینده خریداران اعلام کرده است، می‌فروشند. این مدل نیز ۲ حالت مشابه دارد که در شکل ۵ به تصویر کشیده شده است.

#### ۳- مدل رقابت در سطح عمده فروشی<sup>۹</sup>



شکل ۵- مدل نمایندگی خرید در بازار برق.

مطابق شکل ۶، در این مدل در بازار عمده فروشی، دیگر هیچ سازمان مرکزی به عنوان آژانس خرید مسئولیت خرید برق را به نمایندگی بر عهده ندارد. بلکه شرکت‌های توزیع، انرژی الکتریکی مورد نیاز مشتریان خود را مستقیماً از شرکت‌های تولید کننده خریداری می‌کنند. علاوه بر این امکان خرید مستقیم مصرف کنندگان بزرگ از شرکت‌های تولیدی نیز فراهم است تا به طور کامل ضرورت انحصار در

<sup>۷</sup>-sale agency

<sup>۹</sup>-Wholesale Market

<sup>۸</sup>-Independent Power Producer

<sup>۱۰</sup>-Retail Market

رقابت خرده فروشان در تأمین انرژی بیشتر و هم باعث آزادی عمل مصرف کنندگان در انتخاب آن‌ها باشد.

از منظر اقتصادی این مدل بهترین و کامل‌ترین نوع بازار برق رقابتی است؛ چرا که قیمت برق دیگر توسط دولت تعیین نمی‌شود، بلکه تعاملات بازار قیمت برق را تعیین می‌کند. با این حال، پیاده‌سازی این مدل به مقادیر قابل توجهی اندازه‌گیری، ارتباطات و پردازش داده نیاز دارد چرا که در شبکه‌های برق گسترده تعداد مصرف کنندگان و نیز تولید کنندگان بسیار بالا بوده و حجم عظیمی از معاملات در طی دوره‌های زمانی مشخص بایستی صورت پذیرد که نیازمند مدیریت مطلوب و قابل اطمینان خواهد بود.

### نمونه‌های پیاده سازی شده از بازار برق رقابتی

با توجه به توسعه روزافزون صنایع و نیز به منظور استفاده از ظرفیت بخش خصوصی در پیش‌برد اهداف اقتصادی کشورهای توسعه یافته، امروزه نمونه‌های متعددی از ورود این مساله به صنعت برق و انرژی دیده می‌شود. تجدید ساختار بازار برق، مهم‌ترین جلوه تاثیر مسئله شفافیت و رقابت در این صنعت بوده و برای اولین بار توسط این کشورها مورد بهره‌برداری و پیاده‌سازی قرار گرفت. بریتانیا، روسیه و ایالات متحده آمریکا جزو اولین کشورهایی بودند که ساختار برق خود را به سمت رقابتی کردن برده و دستاوردهای قابل توجهی در این مسئله کسب کردند.

علاوه بر این، با توجه به چالش‌های جدید به‌وجود آمده به ویژه در امر محیط زیست و آلودگی ناشی از تولید برق با استفاده از گازهای گلخانه‌ای، اهمیت روزافزون مسئله استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و

نیروگاه‌های کوچک مقیاس غیرقابل انکار خواهد بود. بنابراین پیاده سازی سازوکار رقابتی باعث تمایل بیشتر مصرف کنندگان به استفاده از انرژی خورشیدی و فروش مازاد بر مصرف آن در بازار رقابتی خواهد شد.

به عنوان نمونه می‌توان شبکه برق بریتانیا را نام برد که دربرگیرنده شبکه چهار کشور انگلستان، اسکاتلند، ولز و ایرلند شمالی می‌باشد. تجدید ساختار شبکه قدرت انگلستان از سال ۱۹۹۰ کلید خورد و نکته قابل توجه این است که در طی ۳۰ سال رشد قابل ملاحظه‌ای در توسعه انرژی‌های تجدید پذیر رخ داد. لذا در سال ۲۰۲۱ حدود ۳۸ درصد از برق تولیدی بریتانیا از منابع تجدیدپذیر حاصل شد. مشخصا بخش قابل توجهی از این دستاورد مرهون بازار برق رقابتی در بریتانیا و امکان فروش انرژی به صورت مستقل و کسب سود بود. بازار برق بریتانیا سه مرحله اصلاحی مهم را تجربه کرده است؛ که به ترتیب شامل معرفی بازار متمرکز مبتنی بر سیستم حوضچه در انگلستان و ولز، اجرای ترتیب‌های تجارت برق جدید بریتانیا و اجرای اصلاح بازار برق با هدف پرداختن به چالش‌های نوظهور جدید در کربن‌زدایی تولید برق هستند. روند اصلاحات و نتایج حاصله باعث شده امروزه بریتانیا به‌عنوان نمونه‌ای موفق در تجدید ساختار صنعت برق مطرح شود.

مشخصا بررسی ساختار و نحوه عملکرد از نقطه شروع تا نهادینه شدن بازار برق رقابتی در کشورهای نامبرده بحث مفصلی خواهد بود که در این مقاله، سعی بر معرفی اجمالی از کلیات آن و پرداختن به دستاوردهای ابتدایی و ظاهری یکی از نمونه‌های آن شده‌است؛ پس در ادامه کشورهای متعدد دیگری نیز در راستای رقابتی کردن بازار برق اقداماتی را انجام داده اند که می‌توان جزئیات این اقدامات را در

تحقیقات و مقالات آتی مورد بررسی قرار داد.

### نتیجه گیری

در حال حاضر با گسترش روزافزون تکنولوژی و توسعه زیرساخت در راستای گام نهادن در مسیر پیشرفت، نیاز به انرژی الکتریکی، به عنوان پیش نیاز اقدامات فوق، بیش از پیش احساس می شود. از طرفی وابستگی به تولید انرژی به روش های قدیمی و استفاده از سوخت های فسیلی باتوجه به راندمان پایین و نیاز به سرمایه گذاری های کلان، منجر به ایجاد مشکلات زیست محیطی و تولید آلاینده ها، و در نتیجه نامناسب شدن شرایط زندگی مخصوصا در شهرها و کشورهای در حال توسعه می شود. بنابراین از انرژی های تجدیدپذیر به عنوان یک راه حل فوق العاده و کوتاه مدت برای پرهیز از بروز مشکل فوق می توان نام برد. به طور واضح لازمه پیاده سازی این طرح، مشارکت بخش خصوصی و عامه مصرف کنندگان به عنوان نیروگاه های کوچک و پراکنده خواهد بود. در نتیجه سازوکار بازار برق رقابتی می تواند بستر مناسب را برای جذب سرمایه گذار و نیز بهبود شرایط بهره برداری از سیستم قدرت به منظور ماکزیمم کردن سود برای بازیگران بازار مطابق آنچه ارائه شد، گردد. علاوه بر این با پیاده سازی این سیستم، می توان یک راه حل مناسب و رو به رشد برای مشکلاتی مانند ناترازی انرژی که هم اکنون در شبکه برق ایران به عنوان یک چالش جدی مطرح است، ارائه داد. لذا بازار برق رقابتی و تجدید ساختار یافته می تواند در کنار ایجاد رقابت و شفافیت در بازار، در راستای حل مشکلات زیست محیطی و ناترازی شبکه، گام مهمی برای بهبود مدیریت شبکه فراهم سازد. گفتنی است که تحقق این امر مستلزم فراهم سازی زیرساخت و نیز سازوکار مناسب برای فرهنگ سازی مطلوب برای آن خواهد بود.

### مراجع

- [1] Hunt Sally. "Making competition work in electricity". John Wiley & Sons. 2002.
- [2] R. Li, Q. Wu, and S. S. Oren, "Distribution locational marginal pricing for optimal electric vehicle charging management" IEEE Trans. Power Syst., vol. 29, no. 1, pp. 203–211, 2014.
- [3] J.H.Chow,F.F.Wu and J.A.Mo-moh, "Applied Mathematics for re-structured electric power systems: Optimization, Control and Computation Intelligence", Springer 2004.
- [4] Barroso. Luiz Augusto. et al. "Classification of Electricity Market Models Worldwide" International Symposium Cigre/ IEEE Pes. 2005.





## خودروهای برقی؛ چالش‌ها و مزایا



mohammadreza.RHM@znu.ac.ir

محمدرضا رحیمی - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق، گرایش سیستم‌های قدرت - دانشگاه زنجان

صنعت خودروسازی به یکی از بازیگران اصلی در اقتصاد جهانی و حوزه تحقیق و توسعه تبدیل شده است. با پیشرفت مداوم فناوری، خودروها اکنون به ویژگی‌هایی مجهز شده‌اند که ایمنی سرنشینان و عابران پیاده را در اولویت قرار می‌دهند. این امر منجر به افزایش تعداد خودروها در جاده‌ها شده و امکان سفر سریع و راحت را برای ما فراهم کرده است. با این حال، این پیشرفت بهایی نیز داشته است. مناطق شهری شاهد افزایش چشمگیر آلاینده‌های زیست‌محیطی مانند دی‌اکسید گوگرد ( $SO_2$ )، اکسیدهای نیتروژن (NOX)، مونوکسید کربن (CO) و ذرات معلق (PM) بوده‌اند. در میان مصرف‌کنندگان انرژی، صنعت حمل‌ونقل بیشترین تأثیر زیست‌محیطی را دارد و بیش از ۲۵ درصد از مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان را به خود اختصاص داده است. حمل‌ونقل جاده‌ای بیش از ۷۰ درصد از انتشار گازهای این بخش را شامل می‌شود. برای حل مشکلات وابستگی به نفت و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، مفهوم «حمل‌ونقل پایدار»<sup>۱</sup> ترویج شده است. علاوه بر این، براساس گزارش اتحادیه اروپا، بخش حمل‌ونقل مسئول تقریباً ۲۸ درصد از کل انتشار دی‌اکسید کربن ( $CO_2$ ) است، در حالی که حمل‌ونقل جاده‌ای بیش از ۷۰ درصد از انتشار این بخش را به خود اختصاص داده است [۱]. به همین دلیل، مقامات اکثر کشورهای توسعه‌یافته استفاده از خودروهای الکتریکی<sup>۲</sup> (EVs) را برای

<sup>۱</sup>-Sustainable Transportation

<sup>۲</sup>-Electric Vehicles

جلوگیری از تمرکز آلاینده‌های هوا، دی‌اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای تشویق می‌کنند. خودروهای الکتریکی مزایای زیر را نسبت به خودروهای سنتی ارائه می‌دهند:

۱- **انتشار آلاینده صفر:** این نوع خودروها هیچ‌گونه آلاینده‌ای از لوله اگزوز، دی‌اکسید کربن، یا دی‌اکسید نیتروژن منتشر نمی‌کنند. همچنین فرآیندهای تولید این خودروها معمولاً سازگارتر با محیط‌زیست هستند، اگرچه تولید باتری‌ها تأثیر منفی بر ردپای کربنی دارد.

۲- **سادگی:** تعداد اجزای موتور خودروهای الکتریکی کمتر است، که این موضوع باعث کاهش قابل توجه هزینه‌های نگهداری می‌شود. موتورهای ساده‌تر و فشرده‌تر هستند، به سامانه خنک‌کننده نیازی ندارند و همچنین نیازی به تعبیه جعبه‌دنده، کلاچ یا عناصری برای کاهش صدای موتور نیست.

۳- **قابلیت اطمینان:** داشتن اجزا کمتر و ساده‌تر باعث می‌شود که این نوع خودروها کمتر دچار خرابی شوند. علاوه بر این، خودروهای الکتریکی از فرسایش ذاتی ناشی از انفجارهای موتور، لرزش‌ها یا خوردگی سوخت رنج نمی‌برند.

۴- **هزینه:** هزینه نگهداری خودرو و هزینه برق مورد نیاز آن در مقایسه با هزینه نگهداری و سوخت خودروهای احتراقی سنتی بسیار کمتر است. هزینه انرژی به ازای هر کیلومتر در خودروهای الکتریکی به‌طور قابل توجهی کمتر از خودروهای سنتی است، همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است.

۵- **راحتی:** سفر با خودروهای الکتریکی راحت‌تر است، زیرا لرزش‌ها یا صدای موتور وجود ندارد.

۶- **بهره‌وری:** خودروهای الکتریکی نسبت به

خودروهای سنتی بهره‌وری بیشتری دارند. با این حال، بهره‌وری کلی «از منبع تا چرخ» (WTW) به بهره‌وری نیروگاه نیز بستگی دارد. برای مثال، بهره‌وری کلی WTW خودروهای بنزینی از ۱۱٪ تا ۲۷٪ و خودروهای دیزلی از ۲۵٪ تا ۳۷٪ متغیر است. در مقابل، خودروهای الکتریکی که با نیروگاه گاز طبیعی تغذیه می‌شوند، بهره‌وری WTW در بازه ۱۳٪ تا ۳۱٪ دارند، در حالی که خودروهای الکتریکی تغذیه‌شده با انرژی‌های تجدیدپذیر بهره‌وری کلی تا ۷۰٪ را نشان می‌دهند.

۷- **دسترسی پذیری:** این نوع خودروها امکان دسترسی به مناطق شهری که برای خودروهای احتراقی مجاز نیستند (مانند مناطق کم آلاینده‌گی) را فراهم می‌کنند. خودروهای الکتریکی از محدودیت‌های ترافیکی در شهرهای بزرگ، به‌ویژه در زمان اوج آلودگی، رنج نمی‌برند. با این وجود، مطالعه‌ای اخیر توسط OECD<sup>۳</sup> نشان می‌دهد که حداقل از نظر انتشار ذرات معلق، خودروهای الکتریکی متأسفانه وضعیت کیفیت هوا را بهبود نمی‌بخشند.

از طرفی، خودروهای برقی با چالش‌های قابل توجهی در زمینه باتری مواجه هستند:

**برد حرکتی:** برد معمولاً از ۲۰۰ تا ۳۵۰ کیلومتر با یک شارژ کامل محدود است، اگرچه این مشکل به طور مداوم در حال بهبود است. به عنوان مثال، نیسان لیف برد حرکتی حداکثر ۳۶۴ کیلومتر دارد [۶] و تسلا مدل S می‌تواند بیش از ۵۰۰ کیلومتر را طی کند.

**زمان شارژ:** شارژ کامل پک باتری ممکن است ۴ تا ۸ ساعت طول بکشد. حتی شارژ سریع به ۸۰٪ ظرفیت نیز ممکن است ۳۰ دقیقه زمان ببرد. به

۳-Organization for Economic Co-operation and Development

نسبت به خودروهای سنتی دارند. بنابراین، ضروری است که خودروهای الکتریکی با رفع چالش‌های پذیرش، در سراسر جهان به کار گرفته شوند.

وسایل نقلیه‌ای که با برق به جای بنزین یا گازوئیل کار می‌کنند، تحت عنوان وسایل نقلیه الکتریکی شناخته می‌شوند. این نوع وسایل نقلیه در چندین دسته‌بندی مختلف قرار می‌گیرند که هر کدام دارای موتور و تنظیمات منحصر به فرد خود هستند. براساس فناوری موتور و تنظیماتشان، خودروهای الکتریکی به صورت زیر به تفصیل دسته‌بندی می‌شوند

### خودروهای الکتریکی باتری‌دار

خودروهای نقلیه الکتریکی باتری‌دار تنها از باتری‌های قابل شارژ به‌عنوان منبع تأمین انرژی استفاده می‌کنند. این خودروهای الکتریکی فاقد موتور بنزینی یا ژنراتور پشتیبان هستند. به دلیل عدم تولید گازهای خروجی، این نوع از خودروهای الکتریکی به‌عنوان سازگارترین نوع وسایل نقلیه الکتریکی با محیط زیست شناخته می‌شوند. با این حال، محدوده پیمایش این خودروها محدود است، زیرا باتری آن‌ها نیاز به شارژ مجدد دارد.

### خودروهای الکتریکی هیبریدی<sup>۴</sup>

خودروهای الکتریکی هیبریدی خودروهایی هستند که دارای موتور بنزینی و الکتریکی می‌باشند. در سرعت‌های پایین و هنگام شتاب‌گیری، موتور الکتریکی خودرو را به حرکت درمی‌آورد، اما در سرعت‌های بالا و زمانی که قدرت بیشتری مورد نیاز است، موتور بنزینی وارد عمل می‌شود. از آنجا که این خودروها از سیستم ترمز احیا کننده برای شارژ باتری‌های خود استفاده می‌کنند، نیازی به

عنوان مثال، سوپرشارژرهای تسلا می‌توانند مدل S را تنها در ۲۰ دقیقه تا ۵۰٪ شارژ کنند یا در نیم ساعت به ۸۰٪ برسند.

با این وجود، انتظار می‌رود که خودروهای الکتریکی در بلندمدت به طور قابل توجهی انتشار دی‌اکسید کربن را در این کشورها کاهش دهند. برخلاف خودروهای سنتی، خودروهای الکتریکی انتشار آلاینده از لوله اگزوز ندارند. حتی زمانی که برق مصرفی آن‌ها از سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود، باز هم آلودگی کمتری نسبت به خودروهای بنزینی ایجاد می‌کنند. به همین دلیل، خودروهای الکتریکی گزینه‌ای مطلوب برای کسانی هستند که به دنبال کاهش تأثیر کربنی خود هستند. خودروهای الکتریکی در انواع مختلفی موجود هستند، از جمله خودروهای الکتریکی باتری‌دار<sup>۴</sup> و خودروهای هیبریدی الکتریکی پلاگین‌دار<sup>۵</sup>. در حالی که خودروهای PHEV دارای یک باتری و یک موتور بنزینی یا دیزلی سنتی هستند، خودروهای BEV فقط با باتری کار می‌کنند. خودروهای PHEV می‌توانند مسافت مشخصی را با توان الکتریکی طی کنند قبل از اینکه موتور بنزینی وارد عمل شود. خودروهای الکتریکی از نظر صرفه‌جویی در هزینه و تأثیرات زیست‌محیطی نسبت به خودروهای سنتی مزایایی دارند. اگرچه ممکن است هزینه اولیه خودروهای الکتریکی بیشتر باشد، اما به دلیل کاهش هزینه سوخت و نیاز کمتر به تعمیر و نگهداری، در طول زمان هزینه کمتری برای رانندگان به همراه دارند.

از آنجا که موتورهای الکتریکی قطعات متحرک کمتری دارند و نیاز کمتری به تعمیرات دارند، خودروهای الکتریکی معمولاً عمر مفید طولانی‌تری

۴-Battery Electric Vehicle

۶-Hybrid Electric Vehicles

۵-Plug-in hybrid electric vehicle

اتصال به منبع برق برای شارژ ندارند. علاوه بر این، این نوع خودروها به دلیل کاهش انتشار گازهای آلاینده، تأثیر کمتری بر محیط زیست دارند.

### خودروهای الکتریکی هیبریدی قابل شارژ

خودروهای الکتریکی هیبریدی که به باتری‌های بزرگ‌تری مجهز هستند و علاوه بر شارژ داخلی توسط ژنراتور موتور احتراقی داخلی خود، می‌توانند با اتصال کابل شارژ به یک منبع برق خارجی نیز شارژ شوند، به‌عنوان وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی قابل شارژ شناخته می‌شوند. این خودروها دارای محدوده مشخصی از عملکرد با توان الکتریکی هستند و پس از اتمام ظرفیت باتری، موتور بنزینی به کار گرفته می‌شود.

### خودروهای الکتریکی سلول سوختی<sup>۷</sup>

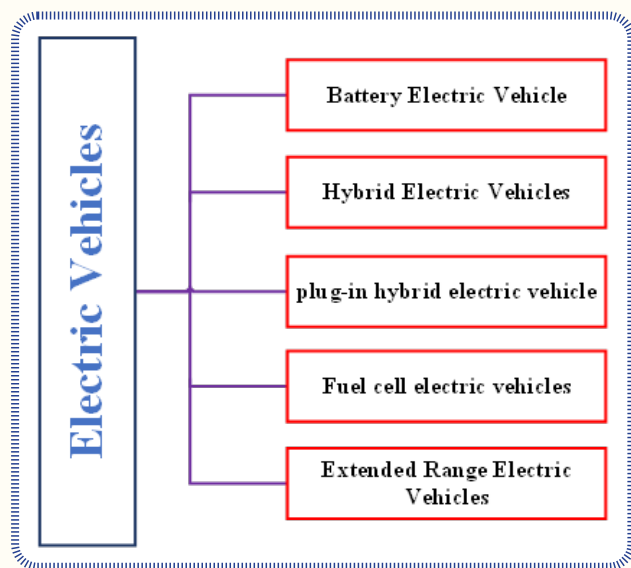
خودروهای الکتریکی سلول سوختی نوعی خودروهای پیشرفته هستند که به جای استفاده از باتری یا موتورهای احتراقی سنتی، از یک فناوری خاص به نام سلول سوختی بهره می‌برند. در این فناوری، گاز هیدروژن به‌عنوان سوخت اصلی در ترکیب با اکسیژن هوا واکنش می‌دهد. نتیجه این واکنش، تولید برق برای راه‌اندازی موتور الکتریکی خودرو و همچنین تولید بخار آب به‌عنوان تنها محصول جانبی است. تنها خروجی این نوع از خودروهای الکتریکی بخار آب است که هیچ گونه آلاینده‌گی نداشته و با محیط زیست سازگار می‌باشد. از برتری این نوع از خودروهای برقی می‌توان به زمان سوخت‌گیری کوتاه نسبت به سایر خودروها اشاره نمود.

### خودروهای الکتریکی با برد توسعه‌یافته<sup>۸</sup>

وسایل نقلیه الکتریکی با برد توسعه‌یافته نوعی

خودرو الکتریکی هستند که ویژگی‌های وسایل نقلیه الکتریکی باتری‌دار و وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی قابل شارژ را ترکیب می‌کنند. این خودروها دارای بسته‌های باتری بزرگ‌تری نسبت به خودروهای الکتریکی هیبریدی قابل شارژ هستند که به آن‌ها اجازه می‌دهد مسافت‌های طولانی‌تری را تنها با استفاده از توان الکتریکی طی کنند. با این حال، زمانی که باتری تخلیه شود، یک موتور بنزینی کوچک برق تولید می‌کند تا موتور الکتریکی را تأمین کند و برد خودرو را افزایش دهد. از چالش‌های استفاده از این تکنولوژی می‌توان به وجود باتری بزرگ‌تر و موتور احتراقی اشاره کرد که موجب افزایش وزن خودرو شده و ممکن است بر عملکرد و مصرف انرژی تأثیر بگذارد. شکل ۱ نمای کلی از تقسیم‌بندی انواع خودروهای الکتریکی را نشان می‌دهد.

در بسیاری از کشورهای جهان، خودروهای الکتریکی



شکل ۱: تقسیم‌بندی انواع خودروهای الکتریکی

به‌طور فزاینده‌ای محبوب می‌شوند. با این حال، نبود ایستگاه‌های شارژ، پذیرش گسترده خودروهای الکتریکی توسط کاربران در سطح جهان را محدود

<sup>۷</sup>-Fuel cell electric vehicles

<sup>۸</sup>-Extended Range Electric Vehicles

### سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی و شارژ سریع<sup>۱۱</sup>

سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی و شارژ سریع نقش حیاتی در بهبود بهره‌وری و پایداری شبکه‌های انرژی دارند. با رشد روزافزون خودروهای الکتریکی و نیاز به شارژ سریع، این سیستم‌ها به عنوان راه‌حلی برای کارآمدی برای رفع محدودیت‌های موجود در زیرساخت‌های سنتی مطرح شده‌اند. ذخیره‌سازی انرژی نه تنها به تثبیت شبکه در زمان اوج مصرف کمک می‌کند، بلکه امکان بهره‌برداری بهتر از منابع انرژی تجدیدپذیر را نیز فراهم می‌سازد. از سوی دیگر، سیستم‌های شارژ سریع باعث می‌شوند زمان شارژ خودروهای الکتریکی کاهش یابد و پذیرش این فناوری در میان کاربران افزایش یابد. توسعه این سیستم‌ها نیازمند ترکیب فناوری‌های پیشرفته مانند باتری‌های پرظرفیت، کنترل‌کننده‌های هوشمند و مبدل‌های قدرت کارآمد است.

#### باتری ذخیره‌سازی و کنترل‌کننده

باتری‌های خورشیدی می‌توانند نیازهای شبکه برق غیرقابل‌اعتماد را که شامل دوره‌های شارژ قوی، تخلیه و شارژ کامل متناوب است، برآورده کنند. زیرگروه‌های اصلی ذخیره‌سازی باتری که برای انرژی خورشیدی مورد بررسی قرار گرفته‌اند شامل باتری سرب-اسید، باتری لیتیوم-یون و باتری جریان هستند. برای ذخیره انرژی اضافی تولیدشده توسط سیستم‌های فتوولتائیک، به یک کنترل‌کننده مرکزی نیاز است تا توان تولیدشده را به باتری هدایت کند، همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است. بسیاری از پژوهشگران توالی کنترل‌کننده‌هایی که در سیستم‌های فتوولتائیک به کار گرفته می‌شوند را مورد

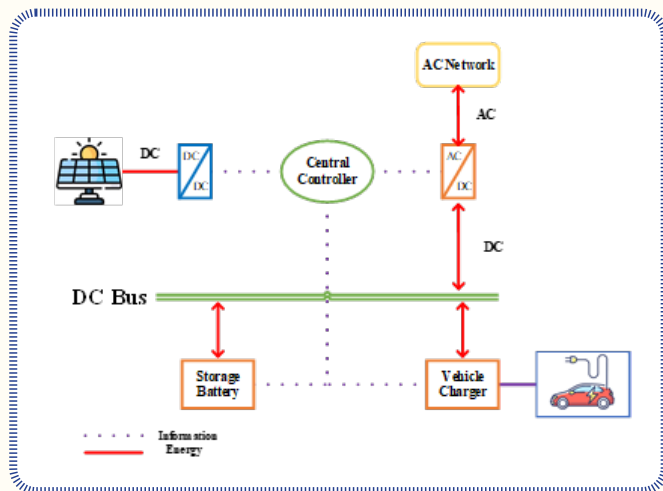
می‌کند. با رشد استفاده از خودروهای الکتریکی، ایستگاه‌های شارژ در فضاهای عمومی بیشتری نصب می‌شوند. در مقابل، اگر خودروهای الکتریکی از طریق سیستم‌های موجود که با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند شارژ شوند، تأثیرات منفی بر سیستم توزیع و محیط زیست خواهند داشت. با توجه به پتانسیل بالای انرژی خورشیدی از پنل‌های فتوولتائیک<sup>۹</sup> و منابع بادی برای تولید برق، استفاده از این منابع برای شارژ خودروها یک راه‌حل بزرگ خواهد بود. این امر همچنین یک گام پایدار به سمت محیط زیستی پاک‌تر محسوب می‌شود. بسته به منابع انرژی موجود (مانند تابش خورشیدی و سرعت باد)، خروجی برق ایستگاه شارژ می‌تواند یا کمتر از نیاز باشد یا بسیار بیشتر از مصرف انرژی. بیشتر منابع علمی نشان داده‌اند که نصب سیستم‌های خورشیدی فتوولتائیک و سیستم‌های تبدیل انرژی باد در کنار شبکه برق، پیشرفته و از لحاظ فنی امکان‌پذیر است. با این حال، روش امیدوارکننده برای متعادل کردن تولید برق از منابع انرژی تجدیدپذیر، استفاده از بارهای قابل برنامه‌ریزی یا سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی است، زیرا این روش می‌تواند در شرایط تولید کم برق، تأمین انرژی کند. استفاده از سیستم ذخیره‌سازی انرژی برای تثبیت شبکه برق دیگر یک فناوری جدید محسوب نمی‌شود. سایر منابع انرژی مانند انرژی خورشیدی متمرکز، چرخ‌طیار<sup>۱۰</sup>، باتری‌های اختصاصی، سیستم‌های ذخیره‌سازی با پمپ آبی از جمله فناوری‌هایی هستند که مورد استفاده قرار گرفته‌اند. کنتورهای هوشمند، حسگرهای بی‌سیم، ارتباطات پیشرفته و مبدل‌های قدرت برخی از فناوری‌های نوظهور در این صنعت هستند.

۹-Photovoltaic Panels

۱۰-flywheel

۱۱-Energy Storage and Fast Charging Systems

بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها تأکید کرده‌اند که بهبود بهره‌وری تولید انرژی خورشیدی از طریق استفاده از فناوری‌های ردیاب نقطه حداکثر توان<sup>۱۲</sup> و مدولاسیون پهنای پالس (PWM) بسیار ضروری است.



شکل ۲: زیرساخت شارژ خودروهای الکتریکی با شارژر خورشیدی فتوولتائیک

### مبدل‌ها

در سیستم‌های خورشیدی، مبدل خورشیدی نقش مهمی در تبدیل و مدیریت انرژی دارد. آرایه‌های فتوولتائیک به یک مبدل DC/DC متصل می‌شوند که امکان کنترل ردیابی نقطه حداکثر توان را فراهم می‌کند. مبدل AC/DC وظیفه تبدیل توان DC/AC را به صورت دوطرفه بر عهده دارد. از آنجا که توان مصرفی شبکه عمدتاً به صورت AC است، این توان باید به DC تبدیل شود تا بتوان از آن برای شارژ خودروهای الکتریکی استفاده کرد. فرآیند تبدیل توان قبل از شروع شارژ یا در حین انتقال توان از شبکه به سیستم‌های الکتریکی انجام می‌شود. به همین دلیل، مبدل‌ها در سیستم‌های فتوولتائیک نقش منحصر به فردی در تبدیل متعادل انرژی ایفا می‌کنند. انواع مختلف مبدل‌ها و نیازمندی‌های آن‌ها به‌طور دقیق بررسی شده‌اند، از جمله:

\* **اینورترهای رشته‌ای<sup>۱۳</sup>:** در این نوع، پنل‌ها به صورت ترکیبی با یک میکرواینورتر نصب می‌شوند.

\* **اینورترهای مرکزی<sup>۱۴</sup>:** در این سیستم، پنل‌ها با اینورترهای جداگانه و بهینه‌سازهای توان میکرواینورتر نصب می‌شوند.

بهینه‌سازهای توان برای پایش عملکرد کلی آرایه‌های پنل فتوولتائیک استفاده می‌شوند و به‌طور مداوم بار متصل را تنظیم و تغییر می‌دهند تا سیستم در حداکثر ظرفیت عملیاتی خود باقی بماند.

انرژی‌های باد و خورشید به دلیل مزایای فراوان اقتصادی و زیست‌محیطی، به عنوان گزینه‌های برجسته‌ای برای جایگزینی منابع انرژی سنتی مورد توجه قرار گرفته‌اند. این منابع تجدیدپذیر می‌توانند به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمک کرده و اثرات مخرب زیست‌محیطی را کاهش دهند. با این حال، یکی از چالش‌های اساسی در استفاده از این منابع، ناپایداری و عدم تداوم آن‌ها در تولید انرژی است. تولید انرژی از منابع بادی و خورشیدی به شرایط آب‌وهوایی وابسته است؛ به عنوان مثال، باد همیشه در دسترس نیست و شدت تابش خورشید نیز در ساعات مختلف روز و فصول سال متفاوت است. این ویژگی متناوب بودن تولید، چالش‌هایی در مدیریت و بهره‌برداری پایدار از این منابع ایجاد می‌کند. در راستای بهره‌گیری بهتر از انرژی خورشیدی، پیشنهادهای متعددی برای ایجاد تسهیلات شارژ خودروهای الکتریکی مبتنی بر این منبع تجدیدپذیر ارائه شده است. علاوه بر این، در شکل [۱]، استفاده از حسگر ولتاژ لینک DC برای مدیریت شارژ خودروهای الکتریکی از انرژی خورشیدی پیشنهاد شده است. این روش نه تنها باعث بهینه‌سازی استفاده از انرژی خورشیدی می‌شود، بلکه فشار وارده بر

۱۲-Maximum Power Point Tracking

۱۳-String Inverters

۱۴-Central Inverters

پیشرفته‌ای مانند ذخیره‌سازی انرژی و بهینه‌سازهای توان، می‌تواند به مدیریت ناپایداری تولید انرژی خورشیدی کمک کند و دسترسی به انرژی پایدار را تضمین نماید. علاوه بر این، توسعه زیرساخت‌های شارژ مبتنی بر انرژی خورشیدی، می‌تواند نقش مهمی در تشویق مردم به استفاده گسترده‌تر از خودروهای برقی داشته باشد. چنین زیرساخت‌هایی نه تنها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه هستند، بلکه می‌توانند به کاهش بار شبکه برق در ساعات اوج مصرف کمک کرده و پایداری شبکه توزیع انرژی را افزایش دهند. در نتیجه، گسترش خودروهای برقی در کنار استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک برای تأمین انرژی آن‌ها، نه تنها به کاهش آلودگی هوا و محافظت از محیط زیست کمک می‌کند، بلکه گامی مؤثر در جهت ایجاد یک سیستم انرژی پایدار و مقاوم در برابر چالش‌های آینده به شمار می‌رود. این راهکارها می‌توانند با کاهش وابستگی به منابع انرژی سنتی و کاهش هزینه‌های اقتصادی، نقش مهمی در شکل‌دهی آینده‌ای سبزتر و پایدارتر ایفا کنند.

ترانسفورماتورهای توزیع را نیز کاهش می‌دهد. با این حال، یکی از محدودیت‌های اصلی انرژی خورشیدی در این زمینه، توانایی محدود آن در تأمین انرژی برای خودروهای الکتریکی با محدوده وسیع است. این محدودیت می‌تواند مانعی برای گسترش ایستگاه‌های شارژ خورشیدی در مقیاس وسیع باشد. بنابراین، برای حل این چالش‌ها، استفاده از فناوری‌های نوین، مانند سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی و بهینه‌سازهای توان، می‌تواند به بهره‌وری بیشتر و توسعه زیرساخت‌های شارژ خورشیدی کمک کند.

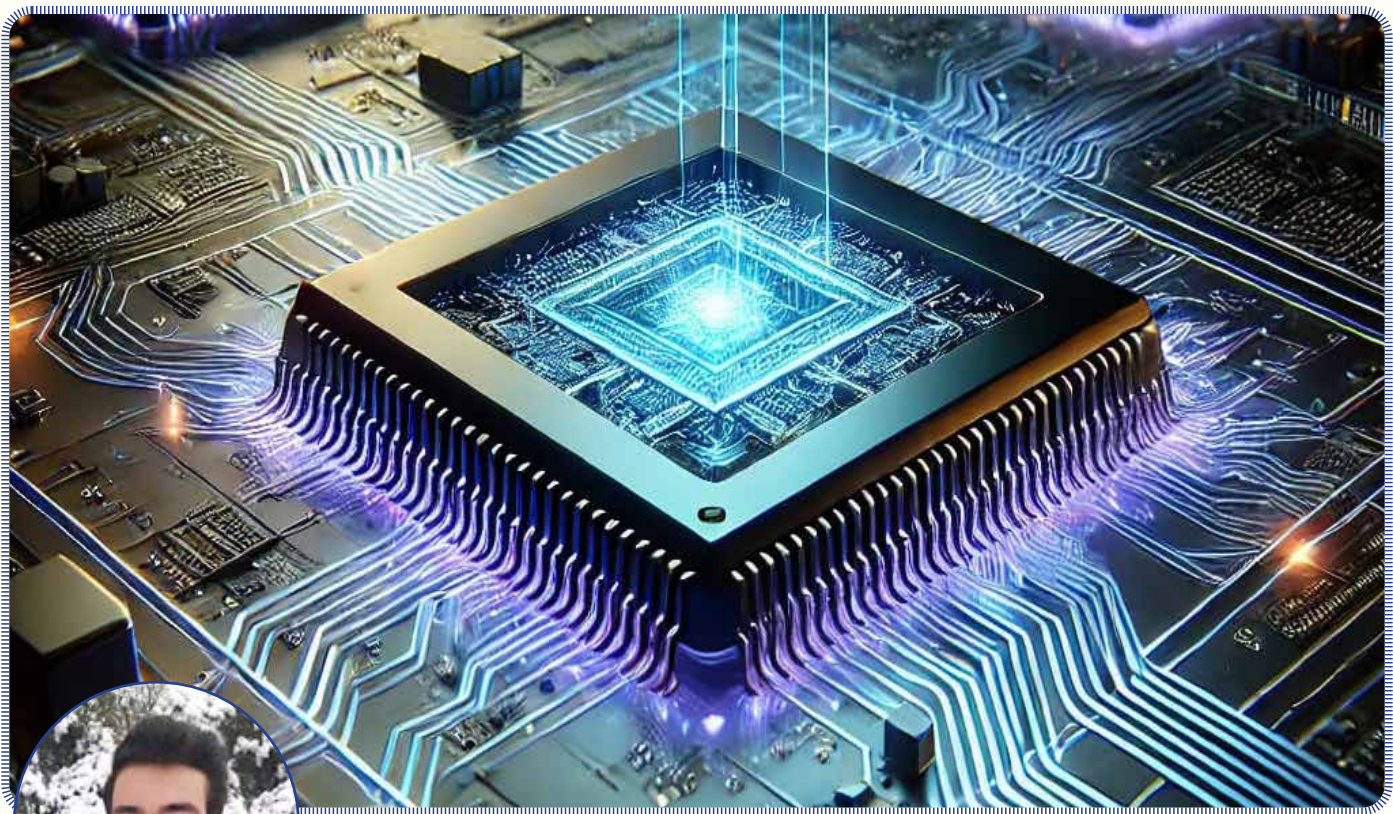
### نتیجه‌گیری

حضور خودروهای برقی در سیستم حمل و نقل نه تنها نشان‌دهنده تحولی اساسی در کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی است، بلکه گامی بزرگ به سمت کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و بهبود کیفیت هوا به شمار می‌رود. این خودروها با حذف مستقیم انتشار گازهای گلخانه‌ای، نقش کلیدی در کاهش اثرات تغییرات اقلیمی ایفا می‌کنند و می‌توانند تأثیرات مثبتی بر سلامت عمومی و محیط زیست داشته باشند. با این حال، رشد روزافزون تعداد این خودروها، چالش‌هایی مانند تأمین پایدار انرژی موردنیاز برای شارژ آن‌ها را به همراه دارد که نیازمند راهکارهای نوآورانه و پایدار است. استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک برای تأمین انرژی خودروهای برقی، یکی از بهترین راهکارها برای دستیابی به اهداف زیست‌محیطی و اقتصادی است. این سیستم‌ها، با استفاده از انرژی خورشیدی به‌عنوان یک منبع تجدیدپذیر و پاک، برق موردنیاز را بدون ایجاد آلودگی تولید می‌کنند. شارژ خودروهای برقی با استفاده از انرژی خورشیدی می‌تواند علاوه بر کاهش هزینه‌های انرژی، فشار وارده بر شبکه برق را نیز کاهش دهد. همچنین، ترکیب این سیستم‌ها با فناوری‌های

## مراجع

- [1] Goli, P.; Shireen, W. PV integrated smart charging of PHEVs based on DC Link voltage sensing. *IEEE Trans. Smart Grid* 2014, 5, 1421–1428.
- [2] Alkawsi, Gamal, Yahia Baashar, Dallatu Abbas U, Ammar Ahmed Alkahtani, and Sieh Kiong Tiong. “Review of renewable energy-based charging infrastructure for electric vehicles.” *Applied Sciences* 11, no. 9 (2021): 3847.
- [3] Mohanty, Sarthak, Subhasis Panda, Shubhranshu Mohan Parida, Pravat Kumar Rout, Binod Kumar Sahu, Mohit Bajaj, Hossam M. Zawbaa, Nallapaneni Manoj Kumar, and Salah Kamel. “Demand side management of electric vehicles in smart grids: A survey on strategies, challenges, modeling, and optimization.” *Energy Reports* 8 (2022): 12466-12490.
- [4] Alanazi, Fayez. “Electric vehicles: benefits, challenges, and potential solutions for widespread adaptation.” *Applied Sciences* 13, no. 10 (2023): 6016.
- [5] Sanguesa, Julio A., Vicente Torres-Sanz, Piedad Garrido, Francisco J. Martinez, and Johann M. Marquez-Barja. “A review on electric vehicles: Technologies and challenges.” *Smart Cities* 4, no. 1 (2021): 372-404.





## مقایسه‌ای میان پردازنده‌های هوش مصنوعی



Mahdihalimi0123@gmail.com

مهدی حلیمی - دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه زنجان

**چکیده:** در سال‌های اخیر، رونق تکنولوژی با توسعه هوش مصنوعی شتاب گرفته است. هوش مصنوعی، که برپایه‌ی یادگیری ماشین است، تنها با رشد مداوم ظرفیت محاسباتی پردازنده‌های هوش مصنوعی امکان‌پذیر می‌باشد. در مقایسه با پردازنده‌های همه منظوره، پردازنده‌های هوش مصنوعی معماری به‌خصوصی دارند که برای شتابدهی به عملیات‌های مربوط به کاربردهای هوش مصنوعی طراحی شده‌اند؛ مانند پیچش<sup>۱</sup>، عملیات ماتریسی و محاسبات موازی گسترده. اهداف این مقاله عبارتند از: (۱) شرح تفاوت میان CPU و GPU. (۲) خلاصه‌سازی مشخصه سه مسیر اصلی پردازنده‌های هوش مصنوعی: GPU، FPGA و ASIC و مقایسه میان آن‌ها. (۳) بررسی ضعف‌های FPGA و پرداختن به موضوع HLS. این مقاله نشان می‌دهد که GPUها عملکرد رقابتی با مصرف برق بالا را فراهم می‌کنند؛ FPGAها می‌توانند کارایی بالایی را با هزینه کم ارائه دهند و ASICها بهترین عملکرد با کمترین مصرف برق را فراهم می‌کنند.

**واژگان کلیدی:** یادگیری ماشین، هوش مصنوعی، تسریع سخت‌افزاری، سخت‌افزار هوش مصنوعی

**مقدمه:** در سال‌های اخیر از مدل‌های یادگیری عمیق<sup>۲</sup> در حوزه‌های بسیاری نظیر ترجمه ماشین<sup>۳</sup>، تشخیص بیماری با استفاده از اشعه ایکس، تشخیص تصاویر برای خودروهای خودران، پیش‌بینی بازار سهام و سایر زمینه‌ها

۱-Convolution

۳-Machine Translate

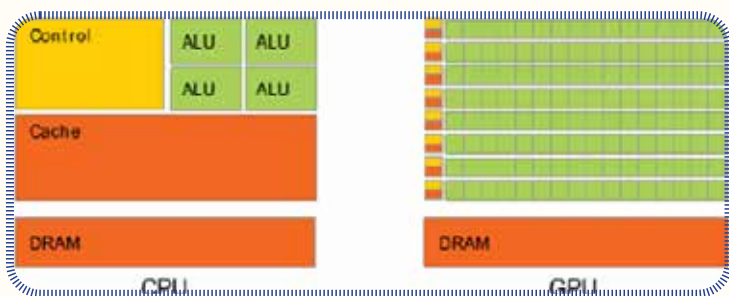
۲-Deep learning (DL)

به کار گرفته شده است. معماری مدل‌های یادگیری عمیق از ساختاری با عنوان شبکه عصبی<sup>۴</sup> تشکیل شده است که با نام شبکه عصبی مصنوعی نیز شناخته می‌شود. پردازنده‌های هوش مصنوعی<sup>۵</sup> که بسیار پرسرعت عمل می‌کنند، می‌توانند رفتار انسان را آنالیز کرده و محاسباتی براساس آن انجام دهند. این پردازنده‌ها به عنوان پیشرفت بعدی در صنعت مدارات مجتمع به حساب می‌آیند. به تازگی، تسريع ساخت افزار به جهت فراهم سازی توان محاسباتی مورد نیاز در هوش مصنوعی و یادگیری ماشین گسترش پیدا کرده است. فعالیت‌های بسیاری نظیر جراحی آنلاین، وابسته به هوش مصنوعی و یادگیری ماشین خواهند شد که بازده و دقت بالا در آن‌ها می‌تواند منجر به نجات جان انسان‌ها شود. تقاضا برای منابع محاسباتی با عملکرد بالا، یکی از چالش‌های اساسی است که مانع استفاده کامل از پتانسیل‌های هوش مصنوعی می‌شود. براساس گزارش‌های که توسط Allied Market Research منتشر شده است، انتظار می‌رود که ارزش بازار جهانی تراشه‌های هوش مصنوعی، از ۸/۰۲ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۰، به ۱۹۴/۹۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۳۰ افزایش یابد. امید است با مطالعه این مقاله به طراحان ساخت افزار در جهت انتخاب پردازنده صحیح برای سیستم‌های هوش مصنوعی کمک گردد. باید به این نکته توجه داشت، اساس یادگیری عمیق که به طور خاص از الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌باشد، تنها از سال ۲۰۰۶ پدیدار شده است. همین الگوریتم‌های یادگیری عمیق به ذخیره سازی قابل ملاحظه ای نیاز دارند تا از مراکز داده عظیم و پردازش‌های محاسباتی قدرتمند بهره مند شوند. این منابع برای ایجاد سیستم‌های

هوشمند تطبیقی که توانایی حرکت دقیق و مشابه انسان دارند، ضروری هستند.

هنگام استفاده از شبکه عصبی، به غیر از GPU<sup>۶</sup> ها، گزینه‌های دیگری، مانند FPGA<sup>۷</sup> و ASIC<sup>۸</sup> نیز وجود دارند. مقایسه سخت افزارهای ذکر شده مورد توجه قرار خواهد گرفت و به نحوی پیاده سازی شبکه عمیق روی آن‌ها پرداخته خواهد شد. ابتدا بهتر است کمی در مورد معماری GPU و اینکه چرا GPU ها جزء اصلی شبکه‌های عصبی هستند بحث شود. برای آشنا شدن با معماری GPU ها، به مقایسه این پردازنده‌ها با CPU<sup>۹</sup> ها پرداخته و بررسی می‌شود که چرا نمی‌توان به جای GPU ها از CPU ها استفاده نمود. CPU ها برای عملیات سریال و پشتیبانی از منطق پیشرفته، طراحی شده‌اند. طراحی آن‌ها، نشان می‌دهد که برای دریافت سریع دستورالعمل‌های پیچیده، دارای هسته‌های کم‌تر و حافظه پنهان<sup>۱۰</sup> بیشتری هستند. با این حال، GPU ها دارای صدها هسته کوچک‌تر، برای محاسبات ساده هستند و در نتیجه در مقایسه با CPU ها، توان عملیاتی بالاتری دارند (شکل ۱).

شبکه عصبی عمیق کانولوشنی، همانطور که در



شکل ۱: مقایسه معماری CPU و GPU [۵]

شکل زیر نشان داده شده است، نیاز دارد تا فیلترها بر روی مناطق پیکسل اعمال شوند، و با هر بار

۴-Neural Network

۵-Artificial intelligence (AI)

۶-Graphic Processor Unit (GPU)

۷-Field Programmable Gate Array

۸-Application-specific integrated circuits

۹-Central Processing Unit (CPU)

۱۰-cache

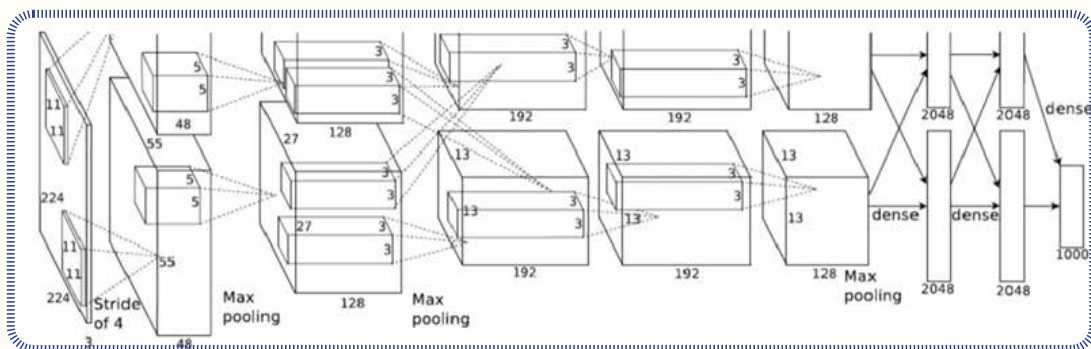
مقیاس بزرگ، پردازنده‌های گرافیکی نقش بزرگی در زمینه یادگیری عمیق به‌عنوان شاخه‌ای از یادگیری ماشین دارند. یادگیری عمیق به شبکه‌های عصبی که بسیار شبیه مغز انسان هستند، متکی می‌باشد و هدف از چنین شبکه‌هایی تجزیه و تحلیل مقادیری بزرگ در سرعت‌های بالاست. گمان می‌رود که در عصر هوش مصنوعی، GPU دیگر یک پردازنده گرافیکی به معنای سنتی خود نیست، بلکه یک پردازنده هوش مصنوعی اختصاصی با قابلیت محاسبات موازی قدرتمند می‌باشد.

**FPGA: FPGA** یک دستگاه سخت‌افزاری قابل برنامه‌ریزی است. می‌توان آن را تعداد بسیاری از دروازه‌های منطقی شناور دانست. یک طراح، کدی را با استفاده از یک زبان توصیف سخت‌افزار<sup>۱۲</sup>، مانند وریلاگ یا VHDL می‌نویسد. این کد تعیین می‌کند که چه روابطی ایجاد شده‌اند و آن‌ها چگونه با استفاده از مولفه‌های دیجیتال، پیاده‌سازی شده‌اند. اصطلاح دیگر برای HDL، زبان<sup>۱۳</sup> RTL است. با استفاده از نرم‌افزاری شبیه به کامپایلر، HDL سنتز می‌شود؛ سپس مسیریابی شده (اتصال بین قطعات مورد نظر برقرار می‌شود) تا یک مدار دیجیتال بهینه‌شده ایجاد کند. این ابزارها (HDL، سنتز، مسیریابی، تحلیل زمان‌سنجی، آزمایش) همگی در یک مجموعه

تکرار این پروسه مجموع وزن‌دار را به‌دست می‌آورد. برای هر لایه، این فرآیند هزاران بار با فیلترهای مختلفی با همان اندازه تکرار می‌شود. از نظر منطقی، مدل‌های عمیق از نظر محاسباتی سنگین می‌شوند و به همین دلیل GPU ها مفید واقع می‌شوند. غالباً سکوی سخت‌افزاری ترجیحی، GPU می‌باشد، با این وجود گزینه دیگری به‌نام FPGA نیز امروزه بسیار مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

### معرفی FPGA، GPU و ASIC

**GPU:** واحدهای پردازش گرافیکی عمدتاً برای تسریع برنامه‌های گرافیکی سه‌بعدی بدون درنگ مانند بازی‌ها استفاده می‌شوند. با توسعه تکنولوژی، GPU ها نسبت به گذشته قابل برنامه‌ریزی‌تر شده‌اند؛ این امر به GPU ها این امکان را می‌دهد تا بسیاری از کاربردها را که فراتر از پردازش گرافیکی سنتی هستند، با سرعت و کارایی بیشتری انجام دهند. امروزه GPU ها را می‌توان به سه گروه دسته‌بندی کرد: GPU هایی برای بازی‌ها، GPU هایی برای تولید محتوا و مهم‌ترین آن‌ها GPU هایی برای یادگیری ماشین<sup>۱۱</sup>. دلیلی که GPU ها را برای پردازش داده‌های یادگیری ماشین مناسب می‌کند، این است که معماری موازی محاسباتی بسیار زیادی دارند. به‌دلیل ویژگی‌های محاسبات موازی در



شکل ۲: پیاده سازی شبکه‌های عصبی کانولوشنی روی ImageNet [۶]

۱۱-machine learning (ML)

۱۳-Register-Transfer Level (RTL)

۱۲-hardware description language

نرم‌افزاری قرار گرفته‌اند، از این ابزارهای طراحی می‌توان Xilinx ISE و Quartus Prime را نام برد. امروزه مدل‌ها با استفاده از یک GPU آموزش می‌بینند، اما بعداً در یک FPGA برای پردازش بلادرنگ به کار گرفته می‌شوند.

**ASIC:** ASIC‌ها تراشه‌های مدارات مجتمع سفارشی شده هستند که برای پاسخگویی به نیازهای خاص طراحی شده‌اند. در مقایسه با ASIC، FPGA معمولاً عملکرد بهتر و مصرف انرژی کمتری دارد، و دلیل آن این است که ویژگی قابل برنامه‌ریزی مجدد بودن FPGA به منابع زیادی در تراشه FPGA برای مسیریابی و سیم‌کشی روی تراشه نیاز دارد. همچنین ASIC‌ها کاملاً سفارشی هستند در نتیجه نیازی به قربانی کردن منابع داخلی برای پیکربندی مجدد ندارند. آزمایشی توسط Nurvitadhi به منظور مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی دودویی شده<sup>۱۴</sup> توسط FPGA و GPU انجام شد. BNN‌ها اخیراً به عنوان نسخه بهینه‌سازی شده از شبکه‌های عصبی عمیق<sup>۱۵</sup> ارائه شده‌اند که کارایی آن‌ها به دلیل کاهش حافظه و تقاضای محاسباتی، به طور چشمگیری بهبود یافته‌اند. در این آزمایش ASIC حدود ۴٫۵ برابر عملکرد بهتر و حدود ۸ برابر مصرف انرژی کمتری نسبت به FPGA داشته است [۳].

### مقایسه‌ای میان سخت‌افزارهای هوش مصنوعی

دلیل ظهور پردازنده‌های هوش مصنوعی، دستیابی به تعادلی میان عملکرد (کارایی) سیستم، مصرف توان و هزینه است. GPU‌ها دارای تعداد بسیاری ALU<sup>۱۶</sup> هستند که از محاسبات موازی گسترده پشتیبانی می‌کنند. FPGA‌ها را می‌توان متناسب

با نیازهای الگوریتم‌های به خصوصی، دوباره برنامه‌ریزی کرد که انعطاف پذیر و کارآمدتر باشند. ASIC‌ها پردازنده‌های اختصاصی طراحی شده‌ای هستند که عملکرد و بازده بالاتری را ارائه می‌دهند. هر نوع پردازنده‌ای، ویژگی‌های طراحی خود را دارد که آن‌ها را برای زمینه‌های مختلفی مناسب می‌کند.

**۱- عملکرد:** به دلیل دو محدودیت، عملکرد FPGA‌ها در مقایسه با GPU‌ها و ASIC‌ها کمی پایین‌تر می‌باشد. اولاً بلوک‌های منطقی قابل تنظیم<sup>۱۷</sup> که واحدی اساسی در FPGA هستند، قدرت محاسباتی محدودی دارند. دوماً ساختار قابلیت تنظیم مجدد، منابع زیادی از تراشه را مصرف می‌کند، که عملکرد FPGA را قربانی خواهد کرد. میان GPU و ASIC، ASIC‌ها عملکرد بالاتری نسبت به GPU‌ها دارند. ASIC‌ها می‌توانند به طور ویژه برای نیازها و سیستم‌های خاص طراحی شوند و معمولاً بهبود عملکرد چشمگیری دارند. یکی از برترین نماینده‌ها ASIC هوش مصنوعی واحد پردازش تنسور گوگل<sup>۱۸</sup> می‌باشد، که  $128 \times 128$  واحد ضرب ماتریسی<sup>۱۹</sup> شانزده بیتی را برای ضرب‌های ماتریسی جهت تسریع یادگیری ماشین استفاده می‌کند. آزمایشی توسط وانگ انجام شده که در آن ۶ شبکه real-world DL روی ۷۳ TPU و ۷۱۰۰ GPU NVIDIA TESLA را از نظر شتاب مقایسه کرده است. نتیجه آزمایش نشان می‌دهد افزایش سرعت TPU بالاتر از GPU از ۳ تا ۶٫۸ برابر است [۴].

**۲. مصرف توان:** مصرف برق GPU بسیار بالاست. هزاران ALU و میلیاردها ترانزیستور مجتمع در داخل یک GPU وجود دارند که باهم ادغام شده‌اند و در هر سیکل ساعت مداوم در حال تغییر و دشارژ هستند

۱۴-Binarized Neural Network

۱۶-Arithmetic Logic Unit

۱۸-Google's tensor processing

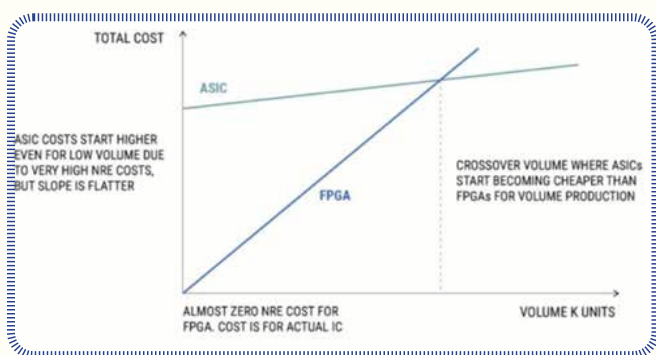
۱۵-Deep Neural Networks (DNN)

۱۷-configurable logic blocks

۱۹-Matrix Multiply Units (MXU)

## مقایسه‌ای میان پردازنده‌های هوش مصنوعی

خود را در مدت زمان کمتری آماده کنند. سوماً هزینه اولیه FPGA قابل چشم‌پوشی است. همانطور که در نمودار زیر مشاهده می‌کنید، تقریباً هیچ هزینه NRE<sup>۲۰</sup> در ابتدا برای FPGA وجود ندارد، در حالی که این هزینه برای ASICها در ابتدا بسیار بالاست. البته شیب نمودار ASIC کمتر است که نشان می‌دهد در تولید انبوه، هزینه تهیه هر ASIC کمتر از FPGA می‌شود. قیمت GPUها نسبت به دو رقیب دیگر بسیار متفاوت است، قیمت هر GPU از صدها تا هزاران دلار برآورد می‌شود. با این حال به دلیل ماهیت عمومی GPUها نیاز به صرف هزینه‌ای برای برنامه‌نویسی، طراحی یا تولید آنها وجود ندارد.



شکل ۳: آنالیز هزینه FPGA و ASICها [۲]

**جمع‌بندی مقایسه میان پردازنده‌های هوش مصنوعی را در جدول زیر ملاحظه می‌کنید**

|      | Performance | Power consumption | Cost      |
|------|-------------|-------------------|-----------|
| GPU  | High        | High              | Medium    |
| FPGA | Medium      | Medium            | Low       |
| ASIC | Very high   | Low               | Very High |

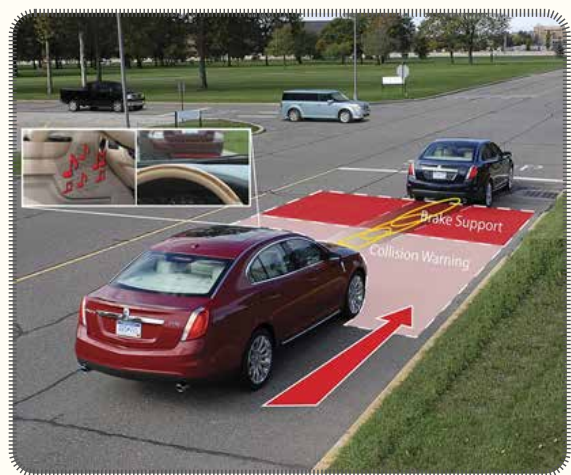
شکل ۴: مقایسه بین سه پردازنده هوش مصنوعی [۲]

که موجب مصرف برق بسیاری می‌شود. FPGAها توان مصرفی کمتری نسبت به GPUها دارند. FPGAها را می‌توان مجدداً پیکربندی کرد تا نیازهای بازده انرژی را برآورده کنند. FPGA همچنین می‌تواند توابع متعددی را به‌طور هم‌زمان برای دستیابی به بازده انرژی بیشتر، در خود جای دهد. برای مثال، در مقایسه‌ای که میان GPU NVIDIA TESLA V100 و Samsung 's smart SSD Drive FPGA صورت گرفت، دیده شد که توان مصرفی FPGA مدنظر ۳۰ وات و توان مصرفی GPU مدنظر ۲۵۰ وات می‌باشد.

**۳. هزینه:** FPGAها از لحاظ هزینه بر ASICها مزیت بیشتری دارند، به‌این دلیل که FPGAها از قابلیت پیکربندی مجدد برخوردار هستند. اولاً مدار FPGA برای تحقق عملکردهای مختلف، بدون خرید پردازنده‌ای دیگر، می‌تواند مجدداً به وسیله زبان توصیف سخت افزار پیکربندی شود. اما معماری ASIC ثابت است، یعنی از ASICها نمی‌توان استفاده مجدد کرد. دوماً، FPGAها را می‌توان مستقیماً بعد از خرید برنامه‌ریزی کرده و به کار گرفت، در حالی که ساخت ASIC پس از طراحی بین ۳ ماه تا ۱ سال به طول می‌انجامد و این ویژگی به شرکت‌های طرفدار FPGA این امکان را می‌دهد تا محصولات

FPGA ها می‌توانند مدارهایی با هزاران واحد حافظه را برای محاسبه تولید کنند؛ بنابراین آن‌ها مشابه GPU ها و رشته‌هایشان در <sup>۲۱</sup>CUDA کار می‌کنند. FPGA ها دارای معماری سازگار هستند و بهینه‌سازی‌های اضافی را برای افزایش توان عملیاتی در اختیار شما قرار می‌دهند. بنابراین حجم محاسبات ممکن، FPGA را به یک جایگزین مناسب برای GPU تبدیل می‌کند. در مقایسه، FPGA ها مصرف توان کمتری دارند و می‌توانند برای کاربردهای نهفته <sup>۲۲</sup> بهینه باشند. همچنین آن‌ها یک استاندارد قابل قبول در عملیات حساس به ایمنی مانند <sup>۲۳</sup>ADAS در خودرو هستند (شکل ۴).

علاوه بر این، FPGA ها می‌توانند انواع داده‌های دستی را پیاده‌سازی کنند؛ در حالی که GPU ها توسط معماری محدود شده‌اند. با تغییر شبکه‌های عصبی از جهات مختلف و ارتباط با صنایع بیشتر، استفاده از FPGA ها بسیار مفید است.



شکل ۴: کاربرد FPGA ها در خودروهای خودران برای تشخیص منطقه امن و منطقه خطر

### نقطه ضعف FPGA در برابر GPU

برای FPGA ها، بخش دشوار پیاده‌سازی

چهارچوب‌های یادگیری ماشین است که به زبان‌های سطح بالاتر مانند پایتون نوشته شده است. HDL. ذاتاً یک پلتفرم برنامه‌نویسی نیست؛ بلکه برای تعریف اجزای سخت‌افزاری مانند رجیسترها و شمارنده‌ها، به صورت کد نوشته شده است. برخی از زبان‌های HDL عبارتند از: وریلاگ و VHDL. (شکل ۵) قطعه‌ای از کد مورد استفاده برای ساخت یک آشکارساز بیت سریال نشان داده شده است. بیشتر اوقات ماشین‌های حالت محدود <sup>۲۴</sup>، برای تقسیم کار به حالت‌هایی با انتقال وابسته به ورودی، استفاده می‌شوند. همه این‌ها قبل از برنامه‌نویسی انجام می‌شوند تا مشخص شود که مدار در هر سیکل ساعت چگونه عمل خواهد کرد. سپس این نمودار، به بلوک‌های کد HDL تبدیل می‌شود (شکل ۶). نکته اصلی این است که هیچ انتقال مستقیمی برای تبدیل یک حلقه در پایتون به یک دسته از سیم‌ها در Verilog، وجود ندارد. با توجه به پیچیدگی ممکن در یک طراحی، اشکال‌زدایی آن

```

1 architecture Seq_Det_TB_arch of Seq_Det_TB is
2   component Seq_Det
3     port(Clock, Reset : in std_logic;
4         Din : in std_logic;
5         ERR : out std_logic);
6   end component;
7   signal Clock_TB, Reset_TB, Din_TB, ERR_TB : std_logic;
8
9   begin
10    DUT : Seq_Det port map(Clock_TB, Reset_TB, Din_TB, ERR_TB);
11    RESET_STIM : process
12    begin
13      Reset_TB <= '0'; wait for 5ns;
14      Reset_TB <= '1'; wait;
15    end process;

```

شکل ۵: کد وریلاگ

برای بهینه‌سازی بیشتر می‌تواند بسیار دشوار باشد. بر خلاف CUDA، که در آن یک رشته می‌تواند

انتخاب و اصلاح شود.

یکی از راه‌های حل مشکل برنامه نویسی، استفاده از ابزارهای سنتز سطح بالا<sup>۲۵</sup> (مانند LegUp)، برای تولید برنامه در Verilog است. ابزارهای HLS به طراحان اجازه می‌دهد از نوشتن HDL از پایه خودداری کنند و به جای آن از زبان برنامه‌نویسی الگوریتمی پویاتر C استفاده کنند. ابزار HLS طراحی سطح سخت‌افزاری را به صورت انتزاعی انجام می‌دهد؛ شبیه به نحوه راه‌اندازی خودکار بلوک‌ها و رشته‌های همزمان CUDA در هنگام اجرای مدل. ابزارهای HLS به کد C به عنوان یک ورودی نیاز دارند که به نمایش میانی<sup>۲۶</sup>، نگاشت دهند. از این ابزارها برای تبدیل توضیحات روش به یک پیاده‌سازی سخت‌افزاری استفاده می‌شود.

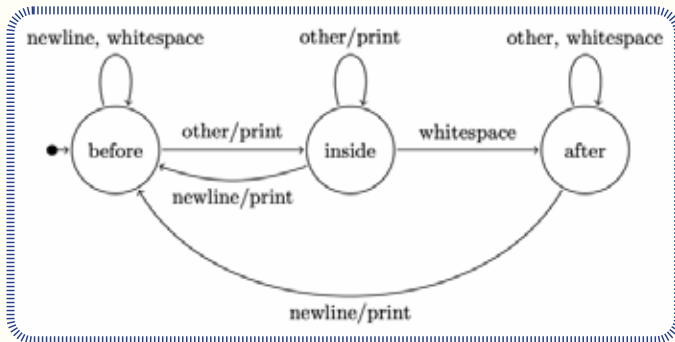
مسئله اصلی، تبدیل برنامه‌ها و انتقال کتابخانه‌های نوشته‌شده برای پایتون به C، با ابزارهای HLS است. در حال حاضر پشتیبانی از Tensorflow (کتابخانه نرم‌افزاری متن‌باز برای یادگیری ماشین) در C وجود ندارد، بنابراین این راه‌حل بسیار دشوار است. ظاهراً نیاز به طراحی و ایجاد سخت‌افزار، یک مانع بزرگ برای استفاده از FPGA ها در یادگیری عمیق است.

LeFlow

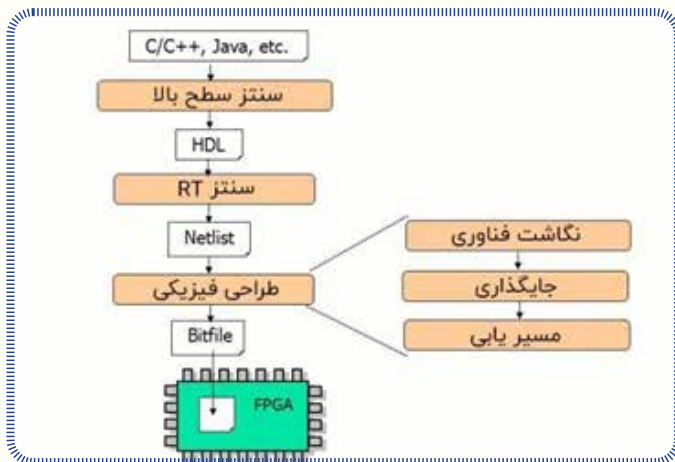
جعبه ابزار LeFlow به مهندسان این امکان را می‌دهد تا مدل‌های خود را با استفاده از پایتون طراحی کنند، آموزش دهند و آزمایش کنند. سپس آن را مستقیماً در FPGA به کار می‌برند. LeFlow به عنوان یک مبدل، فرآیند طراحی را با امکان سازگاری ابزارهای HLS با پایتون و Tensorflow، آسان می‌کند.

جمع بندی:

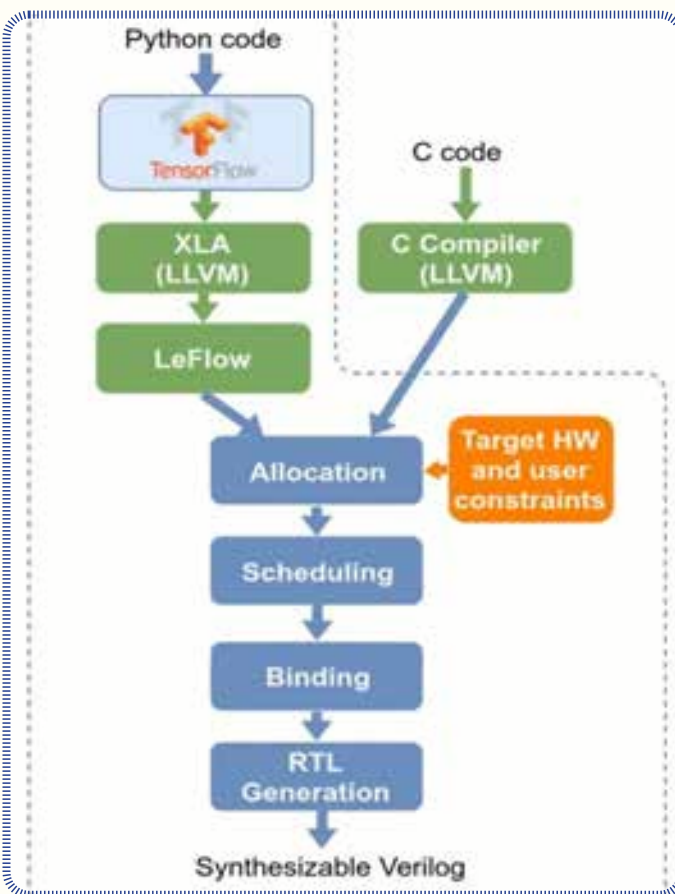
فناوری هوش مصنوعی در چند سال گذشته پیشرفت‌های مداومی داشته است. در



شکل ۶: مدل‌سازی رفتار یک سیستم بر اساس حالات مختلف



شکل ۷: نقش ابزارها در طراحی FPGA



شکل ۸: بلوک دیاگرام [۷]

<sup>۲۵</sup>-high level synthesis (HLS)

<sup>۲۶</sup>-LLVM IR

این پژوهش به بررسی پردازنده‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین موجود در بازار پرداخته شد. به‌عنوان پایه و اساس فناوری هوش مصنوعی، پردازنده‌های هوش مصنوعی دارای موقعیت استراتژیک مهم و چشم‌انداز بازار امیدوارکننده‌ای هستند. هدف اصلی، بررسی سه ویژگی مهم این پردازنده‌ها بود که عبارتند از: عملکرد، مصرف انرژی، هزینه. نتایج مقایسه سه پردازنده هوش مصنوعی GPU، FPGA و ASIC نشان می‌دهد GPU عملکرد بالا، مصرف انرژی بالا و هزینه قابل قبولی دارد. FPGA مداراتی با عملکرد متوسط، مصرف انرژی متوسط و کم هزینه می‌باشد. ASIC مداری با بالاترین عملکرد و کمترین مصرف انرژی می‌باشد. هر پردازنده زمینه کاربرد مناسب خود را دارد و باید برای رسیدن به تعادل بین عملکرد، مصرف انرژی و هزینه یک سیستم اعمال شود. امروزه پردازنده‌های گرافیکی همچنان بر بازار پردازنده‌های هوش مصنوعی تسلط دارند. با این حال، FPGAها و ASICها فضای توسعه گسترده‌ای دارند و مسیر اصلی تحقیقاتی در آینده خواهند بود.

### مراجع

- [1]. Wang T, Wang C, Zhou X, Chen H (2018) A survey of FPGA based deep learning accelerators: challenges and opportunities. arXiv preprint arXiv :1901.04988
- [2]. Yujie Wang (2023) Artificial-Intelligence integrated circuits: Comparison of GPU, FPGA and ASIC. Proceedings of the 3rd International Conference on Signal Processing and Machine Learning. DOI: <https://doi.org/10.54254/2755-2721/4/20230358>.
- [3]. Nurvitadhi, E., Sheffield, D., Sim, J., Mishra, A., Venkatesh, G., & Marr, D. (2016). Accelerating Binarized Neural Networks: Comparison of FPGA, CPU, GPU, and ASIC. 2016 International Conference On Field-Programmable Technology (FPT), 77-84. DOI: <https://doi.org/10.1109/fpt.2016.7929192>
- [4]. Wang, Y. E., Wei, G. Y., & Brooks, D. (2019). Benchmarking TPU, GPU, and CPU platforms for deep learning. arXiv preprint arXiv:1907.10701.
- [5]. D. R. V. L. B. Thambawita, Roshan Ragel and Dhammika Elkaduwe. (2012). To Use or Not to Use: Graphics Processing Units (GPUs) for Pattern Matching Algorithms. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1412.7789>
- [6]. Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, & Geoffrey E. Hinton. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks.
- [7]. Daniel H. Noronha, Bahar Salehpour, and Steven J.E. Wilton. (2018). LeFlow: Enabling Flexible FPGA High-Level Synthesis of Tensorflow Deep Neural Networks. DOI: [10.48550/arXiv.1807.05317](https://doi.org/10.48550/arXiv.1807.05317)
- [8]. NVIDIA V100 | NVIDIA. NVIDIA. (2022). Retrieved 28 July 2022, from <https://www.nvidia.com/en-us/data-center/v100/>
- [9]. FPGA vs. GPU Acceleration: Considering Performance/Power. Blog.bigstream.co. (2022). Retrieved 28 July 2022, from <https://blog.bigstream.co/fpga-vs.-gpu-acceleration-considering-performance-and-power>.

# مطالب عمومی





## فتوولتائیک، کلید کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی

غزل نصیری مقدم - دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه زنجان



### مقدمه

بسیاری از مردم نگران آن هستند که با پایان یافتن نفت، زغال سنگ و گاز، چه اتفاقی رخ خواهد داد. در حال حاضر ما به این منابع انرژی وابسته‌ایم؛ اما باید در این باره بازاندیشی صورت گیرد که چگونه انرژی را تولید و از آن استفاده کنیم. با افزایش نگرانی‌ها درباره تغییرات اقلیمی، کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و آلودگی‌های زیست‌محیطی، بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی به عنوان یک راه‌حل مؤثر مورد تأکید است. انرژی خورشیدی یکی از پاک‌ترین و پایدارترین منابع انرژی در جهان است که در دهه‌های اخیر به‌طور چشمگیری مورد توجه قرار گرفته است. خورشید، به‌عنوان منبعی بی‌پایان و رایگان از انرژی، می‌تواند نیازهای بشر را در بخش‌های مختلف مانند تولید برق، گرمایش و حتی حمل‌ونقل تأمین کند. همچنین، هزینه تولید انرژی خورشیدی در سال‌های اخیر کاهش چشمگیری داشته و دسترسی به این فناوری برای افراد و صنایع مختلف آسان‌تر شده است.

### انرژی

بنابر تعریف دانشمندان، انرژی عبارت است از استعداد انجام کار یا استعداد رخ دادن یک اتفاق. انرژی را نمی‌توان به‌وجود آورد یا از بین برد، بلکه تنها می‌توان آن را از شکلی به شکل دیگر تبدیل کرد یا از مکانی به مکان دیگر انتقال داد. انرژی به شکل‌های گوناگونی چون انرژی گرمایی، نوری، صوتی و جنبشی یافت می‌شود. مثلاً وقتی آفتاب بر پیاده رو می‌تابد، مقداری از انرژی خورشید، به شکل گرما به پیاده‌رو منتقل می‌شود. انرژی

از زمانی که اولین گیاهان و میکروارگانسیم‌ها (مانند سیانوباکترها) بر روی کره زمین عمل فتوسنتز را آغاز کردند، انرژی خورشیدی نقشی اساسی در حمایت و گسترش حیات ایفا کرده است. در پی پیدایش ساختمان‌ها، انسان برای گرمایش مسکن خود، از نور خورشید بهره می‌گرفت. بعدها انسان از اشعه آفتاب برای خشک کردن میوه و سبزی در فضای آزاد و برای تبخیر آب دریا، در حوضچه‌های کم‌عمق و تولید نمک استفاده نموده است. اولین و شاید تنها استفاده نظامی از انرژی خورشید، توسط ارشمیدس در شهر سیراکیوز (Syracuse) در شرق جزیره سیسیل صورت گرفت. او موفق گردید با متمرکز کردن نور خورشید به وسیله چند آئینه روی بادبان کشتی‌ها، آن‌ها را به آتش بکشد.

استفاده‌های صنعتی و مدرن انرژی خورشیدی از سال‌های ۱۷۷۰ میلادی شروع شد. شاید جالب‌ترین استفاده از خورشید در کشف گاز اکسیژن صورت گرفته باشد. پریستلی در سال ۱۷۷۴ توانست نور خورشید را روی ظرف حاوی اکسید جیوه متمرکز نماید و گازی تولید کند که بعدها اکسیژن نامیده شد. آزمایش‌های متعددی با استفاده از عدسی‌ها و تمرکز نور خورشید توسط لاوزیه انجام شد. در سال ۱۸۷۲، اولین واحد خورشیدی برای نمک‌زدائی آب دریا در شمال شیلی ساخته شد. از اواخر دهه ۱۸۰۰ و اوایل دهه ۱۹۰۰، تعدادی متمرکز کننده خورشیدی جهت دستیابی به دماهای بالا و تولید بخار در فرانسه، آمریکا و مصر ساخته شدند که از بخار حاصله، برای راه اندازی ماشین‌های بخار و آبیاری استفاده می‌شد. از سال ۱۹۴۰ به بعد، استفاده از انرژی خورشیدی در تولید آب گرم مصرفی و گرمایش ساختمان‌ها در آمریکا، روسیه (تاشکند و عشق آباد)، استرالیا و سایر کشورها، باعث توسعه آن‌ها گردید. در سال ۱۹۴۶ در

همچنین می‌تواند از شکلی به شکل دیگر تبدیل شود. تبدیل شدن پرتوهای نور خورشید به انرژی الکتریکی با استفاده از سلول‌های خورشیدی، مثال جالبی از تبدیل شکل انرژی است.

## انرژی خورشیدی

انرژی خورشیدی را از طریق نور و گرمای خورشید، و تبدیل آن به انرژی برای پخت و پز، گرمایش، سرمایش و تأمین روشنایی به کار می‌گیریم. برای مثال اگر خودرویی که شیشه‌هایش بالا کشیده شده‌اند را زیر تابش آفتاب قرار داده شود، مشاهده می‌گردد که داخل آن بسیار گرم می‌شود. دلیل این اتفاق به دام افتادن انرژی زیاد نور خورشید است. از این انرژی خورشیدی به دو صورت می‌توان بهره برد:

۱- مستقیماً برای تأمین گرما، مانند گرم کردن فضای خانه‌ها و آب

۲- برای تولید برق

بعضی از کشورها، مانند آلمان و پرتغال، کار روی ایستگاه‌ها یا نیروگاه‌های انرژی خورشیدی، یا فتوولتائیک را شروع کرده‌اند که مقادیر انبوهی انرژی خورشیدی را برای تولید الکتریسیته تأمین می‌کنند. مقادیر کمتر انرژی خورشیدی نیز، از طریق صفحات خورشیدی خانه‌ها، شرکت‌ها و کارخانه‌ها تولید می‌شود که در بام‌ها یا اطراف ساختمان نصب شده‌اند.

## تاریخچه انرژی خورشیدی در جهان و ایران

انرژی خورشیدی قدیمی‌ترین منبع انرژی در جهان می‌باشد. انسان از هزاران سال پیش تا کنون، از نور و گرمای خورشید بهره می‌برد. حتی فناوری‌هایی مانند سلول‌های خورشیدی، صدها سال پیشینه دارند

هندوستان، کوره‌هایی که با انرژی خورشیدی کار می‌کردند، ساخته شدند.

سلول خورشیدی (فتوولتائیک) برای اولین بار در نیمه اول دهه ۱۹۰۰ بدون سر و صدای زیاد وارد بازار شد و با استقبال قابل ملاحظه‌ای مواجه گشت. در سال ۱۹۵۸ طراحان آمریکایی با تردید، در سفینه وانگاردیک، یک مبدل، حاوی سلول‌های خورشیدی که هر یک به قدرت ۲ میلی وات بودند را به عنوان نیروی کمکی به کار بردند. ولی با کمال تعجب مشاهده کردند که دستگاه رادیویی سفینه، که با این مبدل کار می‌کرد تا ۶ سال به طور مداوم پیام رادیویی به زمین مخابره نمود. در سال ۱۹۶۱ برای نخستین بار در ایتالیا از انرژی حرارتی خورشید برای تولید الکتریسیته توسط توربین‌های بخار کوچک استفاده گردید. با بحران انرژی در سال ۱۹۷۳، توجه به کاربرد انرژی خورشیدی افزایش یافت و سرمایه‌گذاری‌های زیادی در بیشتر کشورهای جهان (به خصوص کشورهای صنعتی)، برای پژوهش و دستیابی به طرح‌های بهینه کاربردهای مختلف انرژی خورشیدی انجام گرفت. در دهه ۱۹۸۰ با برطرف شدن بحران انرژی، توجه به انرژی خورشیدی کمتر شد. در حال حاضر مهم‌ترین موضوعی که در کشورهای صنعتی به آن می‌شود، سلول‌های خورشیدی می‌باشد. علاوه بر این، روش‌های گرمایش طبیعی خورشیدی، در بسیاری از کشورهای جهان (به خصوص آمریکا) در دهه گذشته مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات در زمینه انرژی خورشیدی از حدود ۳۵ سال قبل در ایران و به طور تقریباً همزمان در دانشگاه‌های شیراز و صنعتی شریف شروع شدند. از جمله طرح‌های مهم مورد توجه در این مراکز، طرح نیروگاه خورشیدی ۱۰ مگاواتی در دانشگاه شیراز، و طرح توسعه و ساخت سلول‌های فتوالکتریک در مرکز ذکر شده می‌باشد.

هم اکنون پروژه‌هایی در زمینه انرژی خورشیدی، در کشور توسط سازمان انرژی‌های نو ایران در جریان هستند.

## خانه‌های خورشیدی باستان

برخی مردم دوران باستان، همچون یونانیان، رومیان و آناسازی‌های جنوب غربی آمریکا، برای گرم کردن و روشن کردن خانه‌هایشان از انرژی خورشیدی غیرفعال بهره می‌بردند. آنان پی‌بردند که با ساختن خانه‌هایشان رو به جنوب، می‌توانند در زمستان بیشتر از گرمای خورشید استفاده کنند. یونانیان باستان حتی نقشه تمامی شهرها و روستاهایشان را چنان ترسیم می‌کردند که هر خانه‌ای بتواند در زمستان بیشترین آفتاب ممکن را دریافت کند.

## جذب و مهار آفتاب

با بهره‌گیری از وسیله‌های ساده، می‌توان مقدار زیادی از انرژی خورشید را جمع‌آوری و مصرف نمود. گردآور (کلکتور)‌های خورشیدی برای جمع کردن انرژی خورشید، شبیه به گلخانه‌ها کار می‌کنند. کلکتورهای خورشیدی، انرژی ناشی از خورشید را جذب نموده، آن را تبدیل به گرما می‌کنند، و سپس این گرما را به هوا یا آب می‌دهند. و بعد گرما، از طریق لوله یا به کمک هواکش به جایی فرستاده می‌شود که به آن نیاز است. کلکتورهای خورشیدی برای گرم کردن ساختمان‌ها و استخرهای شنا، گرم کردن آب حمام، لباسشویی، و سایر مصارف خانگی به کار می‌روند. کلکتورهای بزرگ‌تر و پیچیده‌تر انرژی خورشیدی کافی را برای به کار انداختن نیروگاه‌ها و تولید برق، جمع‌آوری می‌کنند.

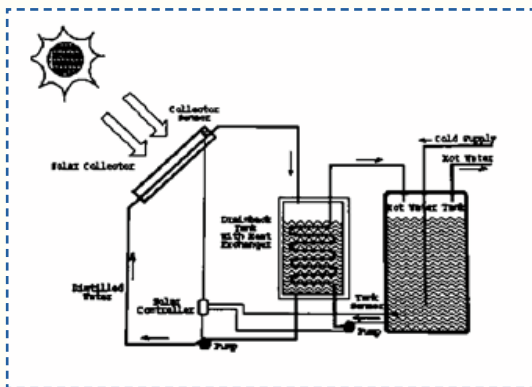
## آبگرمکن خورشیدی

آبگرمکن‌ها اصلی‌ترین سیستم مورد استفاده، در کاربردهای غیرنیروگاهی خورشیدی می‌باشند. همانطور که از نام آن پیداست، برای گرم کردن

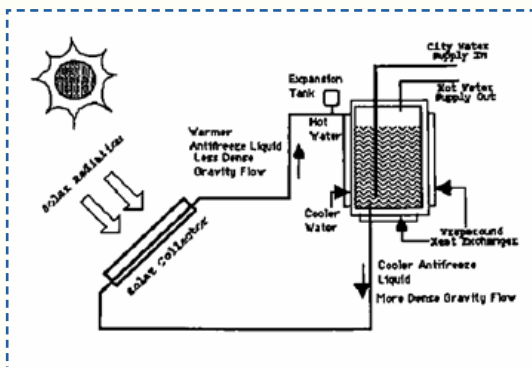
وقتی که دمای سیال داخل کلکتورها بیشتر از دمای تانک ذخیره باشد، آب گرم شده به طرف مخزن ذخیره هدایت می شود. سیستم تخلیه، از پایین شامل دریچه ای می باشد که آب داخل کلکتورها را وقتی به ۳۸ درجه سانتی گراد می رسد، تخلیه می کند. وقتی که دما کمتر از ۳۸ درجه سانتی گراد باشد، سیستم به صورت اتوماتیک، آب را از تانک ذخیره به سمت کلکتورها پمپ می کند.

یک سیستم مدار بسته بسیار کارآمد و قابل اطمینان بوده و به نگهداری کمتری احتیاج دارد. (مثلا مواد ضد یخ به کار رفته در سیستم، هر ۲ سال یکبار به بررسی نیاز دارند). در این سیستم، به دلیل استفاده از مایع ضدیخ امکان انجماد وجود ندارد، بسیار قابل اعتماد بوده و قابل استفاده در محدوده دمایی وسیعی می باشد. البته در این سیستم، کلکتورها حتما باید بالاتر از تانک انتقال حرارت نصب شوند.

در سیستم های باز، قدرت پمپ با مجموع اصطکاک داخل لوله ها و اختلاف ارتفاع بین کلکتور و مخزن



سیستم مدار بسته پمپی



آبگرمکن ترموسیفونی

آب مورد استفاده قرار می گیرد. آب گرم تولید شده می تواند به شرح ذیل مورد استفاده باشد:

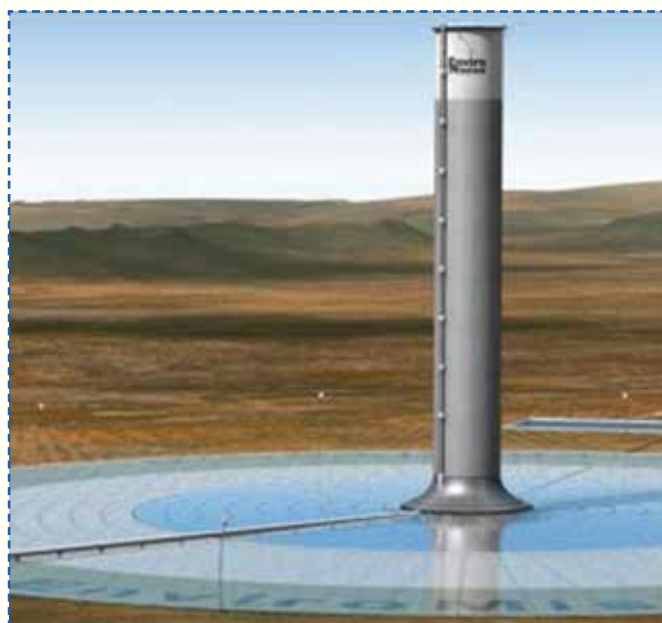
- ۱- آب گرم بهداشتی
- ۲- گرم کردن فضای ساختمانی یا تأمین آب پیش گرم برای سیستم های گرمایشی
- ۳- تأمین گرمای مورد نیاز برای راه اندازی سیستم های جذبی، جهت تهویه مطبوع و سیستم های سرمایشی
- ۴- استفاده در خشک کن ها و آب شیرین کن ها و ..

## طرز کار آبگرمکن خورشیدی

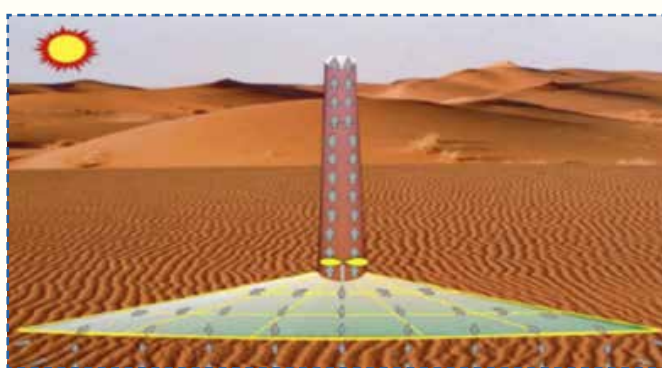
آبگرمکن ها از سه بخش اصلی تشکیل می شوند که شامل کلکتور، مدار لوله کشی و مخزن ذخیره حرارتی می باشند. در اغلب آبگرمکن های امروزی سیال عامل، محلول آب و ضدیخ است، که در یک سیکل بسته بین مخزن و کلکتور توسط مدار لوله کشی در جریان می باشد. کلکتور انرژی حرارتی خورشید را جذب کرده و به سیال عامل منتقل می کند؛ سیال گرم شده به سمت منبع ذخیره حرکت نموده و در آنجا پس از عبور از یک مبدل حرارتی، گرمای خود را به آب داخل مخزن منتقل می کند، و پس از سرد شدن به کلکتور باز می گردد. بدین ترتیب بدون اینکه با آب مصرفی مخلوط شود، دائما در یک سیکل بسته در حال حرکت است.

آبگرمکن های خورشیدی به دو دسته آبگرمکن های مدار باز و مدار بسته طبقه بندی می شوند که هر یک به دو صورت ترموسیفونی (جریان طبیعی) یا پمپی (اجباری) می توانند کار کنند. در سیستم های مدار باز، آبی که جهت تأمین آب گرم مصرفی مورد استفاده قرار می گیرد، مستقیما از تانک ذخیره کلکتورها، پمپ می شود. دو نوع مدار باز داریم: ۱- گردش اجباری (پمپ) ۲- ترموسیفون.

ندارد. جالب توجه است که در ظهر روزهای آرام و گرم که اختلاف درجه حرارت در داخل گرمخانه و خارج آن به ۱۱ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، با اینکه اختلاف کمی می‌باشد، باعث ایجاد بادی به سرعت ۴۰ کیلومتر در ساعت، در داخل برج می‌گردد. این باد باعث چرخیدن ژنراتور شده و به میزان ۷۰ کیلووات برق تولید می‌کند. در حال حاضر یک نمونه ۱۰۰ کیلوواتی دودکش خورشیدی در اسپانیا، احداث



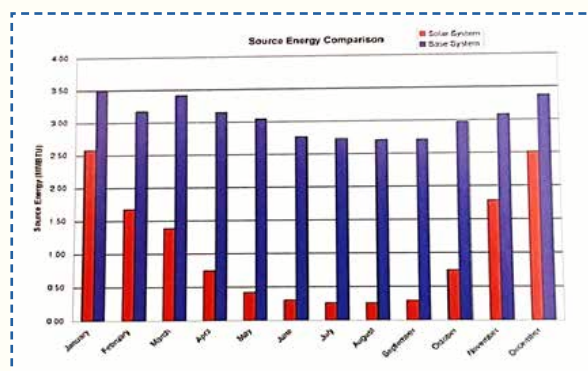
دودکش خورشیدی واقع در اسپانیا، ۱۶۰ کیلومتری جنوب مادرید



نیروگاه دودکش خورشیدی

گردیده که ارتفاع برج این دودکش به ۲۰۰ متر و قطر آن به ۱۰ متر می‌رسد؛ همین‌طور قطر فلکه گرمخانه که اطراف آن را فرا گرفته، حدود ۲۴۰ متر می‌باشد. سطح گرمخانه‌ای که مقابل خورشید قرار دارد، حدود ۵ هکتار زمین را اشغال کرده است.

ذخیره برابر است؛ در صورتی که در سیستم‌های بسته، قدرت تنها برابر با مجموع اصطکاک داخلی لوله‌ها می‌باشد. استفاده از آبگرمکن‌های خورشیدی برای مناطقی که تابش آفتاب مناسبی در طول روز دارند و دور از شبکه سراسری هستند، مناسب می‌باشد.



مقایسه مصرف سالیانه انرژی برای آبگرمکن با سوخت فسیلی و آبگرمکن خورشیدی

## نیروگاه‌های خورشیدی با استفاده از دودکش خورشیدی

نیروگاه‌های دودکش خورشیدی از سه بخش اصلی، شامل کلکتور خورشیدی، واحد انتقال توان و دودکش خورشیدی (برج خورشیدی) تشکیل شده‌اند. در این سیستم‌ها محوطه‌ای با پوشش شیشه‌ای و یک برج گیرنده مرکزی مجهز به یک دودکش و توربین بادی، جایگزین هیلوستات‌ها (مجموعه‌هایی از آینه‌ها) می‌شود.

طرز کار آن بسیار ساده است؛ هوای گرمی که به وسیله انرژی خورشیدی در یک گرمخانه شیشه‌ای تولید می‌شود، به‌طرف برج بلندی که در مرکز گرمخانه قرار گرفته و مانند یک دودکش عمل می‌کند، هدایت می‌گردد. این هوای گرم به علت ارتفاع زیاد برج، با سرعت زیاد صعود کرده و باعث چرخیدن پروانه و ژنراتوری که در پایین برج نصب شده است، می‌شود و به وسیله ژنراتور، برق تولید می‌شود. تولید باد شدید در داخل برج، مطلقاً ارتباطی به‌وجود و عدم وجود باد در سطح زمین و خارج برج

با رشد جمعیت و دگرگون شدن سبک زندگی از طریق استفاده از ابزارآلات مدرن برقی، وسایل حمل‌ونقل و توسعه صنعت و کشاورزی نیازهای انرژی افزایش پیدا کرده است. در حال حاضر قسمت اعظم این انرژی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود که به محیط زیست صدمات فراوانی وارد می‌کند و انرژی مورد نیاز اینگان را نیز از بین می‌برد. لذا جهت فراهم آوردن آینده‌ای با انرژی پایدار، در دسترس و پاکیزه، آدمی ناگزیر است به نحو روزافزونی به منابع انرژی جایگزین و تجدیدپذیر، مانند انرژی خورشیدی روی بیاورد. با تهیه و استفاده از فناوری‌های خورشیدی، هم از کسب و کارهایی برپایه انرژی خورشیدی حمایت می‌شود و هم مصرف سوخت‌های فسیلی کاهش می‌یابد. برای مثال می‌توان در ساختمان‌ها، آبگرمکن خورشیدی و صفحات خورشیدی نصب نمود. نهایتاً یکی از مهم‌ترین کارهایی که می‌تواند صورت گیرد، گسترش اطلاعات‌مان در رابطه با انرژی‌های تجدید پذیر علی‌الخصوص انرژی خورشیدی و فناوری‌های آن و همچنین انتشار و ترویج این مفاهیم است.

### مراجع

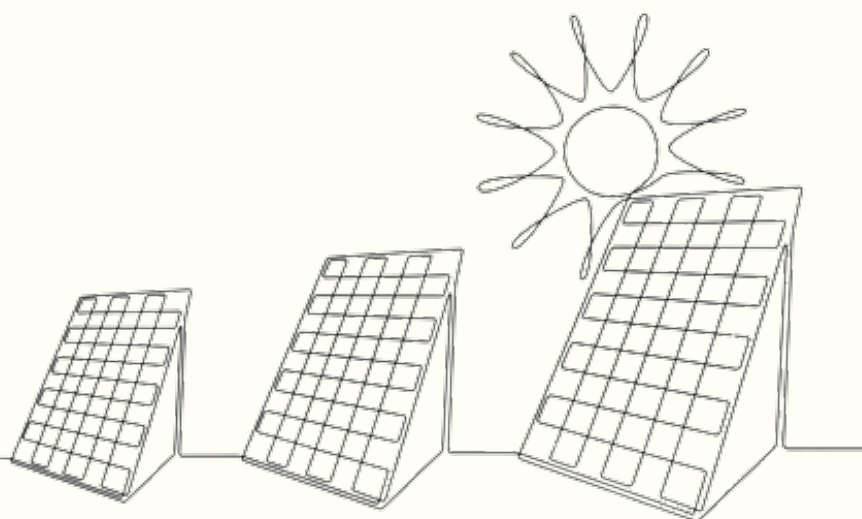
[1] Geoff Barker, How renewable energy works, 2014

[۲] گزارش ششم سازمان انرژی‌های نو ایران، از انرژی‌های نو چه می‌دانید؟، انرژی خورشیدی

[3] Niki Walker, Harnessing power from the sun, c2007

[4] Earth Group, 30 simple energy things you can do to save the earth

[۵] مهدی چهابی بوشهری، سید علی امامی نجفی، سید محمد ذوالفقاری، مجید عمیدپور، بررسی فناوری نیروگاه‌های دودکش خورشیدی





## درب بازکن‌های بیسیم و هوشمند

محمدحسین رستمی - دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه زنجان



با پیشرفت فناوری‌های مخابراتی و الکترونیکی، سیستم‌های کنترل دسترسی و امنیت ساختمان‌ها به طور چشمگیری توسعه یافته‌اند. درب بازکن‌های الکتریکی، که از اولین نمونه‌های آن‌ها می‌توان به آیفون‌های صوتی اشاره کرد، نقش مهمی در افزایش امنیت و تسهیل ورود و خروج افراد ایفا کرده‌اند. با این حال، محدودیت‌هایی مانند نیاز به سیم‌کشی گسترده، عدم امکان مشاهده فضای بیرونی و وابستگی به محل ثابت نصب، چالش‌هایی را در استفاده از این فناوری به وجود آورده است.

در سال‌های اخیر، با گسترش فناوری‌های بی‌سیم و اینترنت اشیاء (IoT)، نسل جدیدی از درب بازکن‌های هوشمند توسعه یافته‌اند که نه تنها محدودیت‌های مدل‌های سیمی را برطرف کرده، بلکه قابلیت‌هایی مانند کنترل از راه دور، تشخیص چهره و یکپارچگی با سایر سیستم‌های امنیتی را ارائه می‌دهند. این تحول در راستای نیاز روزافزون به سیستم‌های امنیتی هوشمند در ساختمان‌های مسکونی، اداری و صنعتی بوده و اهمیت تحقیق و بررسی در این حوزه را دوچندان کرده است.

در این مقاله، به بررسی اصول عملکرد، فناوری‌های به کاررفته و چالش‌های موجود در سیستم‌های درب بازکن بی‌سیم و هوشمند پرداخته می‌شود. همچنین، با تحلیل مزایا و معایب این فناوری، راهکارهای پیشنهادی برای بهبود امنیت و کارایی این سیستم‌ها مورد بحث قرار خواهد گرفت.

## درب بازکن‌های بی‌سیم: تحول در سیستم‌های امنیتی

درب بازکن‌های بی‌سیم، نسل جدیدی از سیستم‌های کنترل ورودی هستند که وابستگی به سیم‌کشی

هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای تحلیل الگوهای رفتاری و شناسایی کاربران مجاز استفاده می‌کنند. همچنین، این سیستم‌ها قادرند فعالیت‌های غیرمعمول را تشخیص داده و در صورت بروز تهدیدات امنیتی، هشدارهای لازم را ارسال کنند.

## معایب و چالش‌ها

### ۱. وابستگی به اینترنت و شبکه‌های بی‌سیم

در صورت قطع اینترنت یا ضعف سیگنال، عملکرد سیستم ممکن است دچار اختلال شود.

### ۲. آسیب‌پذیری در برابر حملات سایبری

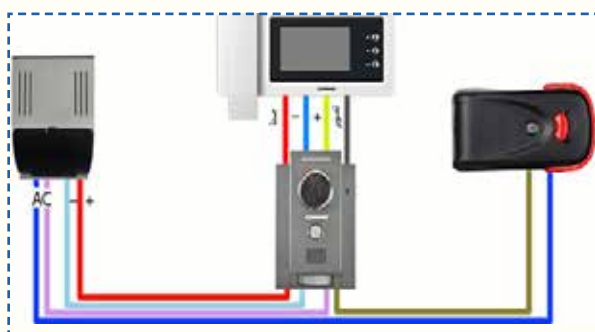
نیازمند استفاده از پروتکل‌های رمزنگاری پیشرفته و به‌روزرسانی امنیتی مداوم.

### ۳. کاهش کیفیت سیگنال در ساختمان‌های

بزرگ: دیوارهای بتنی ضخیم و نویزهای الکترومغناطیسی ممکن است تأثیر منفی بر عملکرد سیستم داشته باشند.

### ۴. هزینه بالاتر: در مقایسه با مدل‌های سیمی،

برخی مدل‌های بی‌سیم اولیه به دلیل استفاده از فناوری‌های پیشرفته‌تر، هزینه‌های تعمیر و نگهداری بالاتری دارند.



شکل (۱) نحوه کارکرد درب باز کن سیمی



شکل (۲) نوعی از درب باز کن های بیسیم

سنتی را حذف کرده و ارتباط بین واحدهای داخلی و خارجی را از طریق فناوری‌های ارتباطی بی‌سیم مانند Wi-fi، Zigbee، امواج رادیویی و یا سایر فناوری‌های بی‌سیم برقرار می‌کنند. این سیستم‌ها در مقایسه با مدل‌های سیم‌دار، از نظر نصب، انعطاف‌پذیری و بهره‌وری، مزایای قابل توجهی دارند. عملکرد کلی این درب‌بازکن‌ها مشابه نمونه‌های سیمی است، اما تفاوت اساسی آن‌ها در عدم وابستگی به کابل‌کشی، قابلیت جابه‌جایی و ارائه امکانات پیشرفته‌ای مانند تشخیص چهره، احراز هویت بیومتریک و کنترل از راه دور است.

## مزایا

### ۱. عدم نیاز به سیم‌کشی: حذف کابل‌کشی

داخلی، کاهش هزینه‌های نصب و سهولت پیاده‌سازی در ساختمان‌های از پیش ساخته شده و در حال ساخت.

### ۲. قابلیت جابه‌جایی و مقیاس‌پذیری: امکان

تغییر محل واحدها، تغییر یا افزودن تجهیزات اضافی بدون نیاز به تغییرات اساسی در ساختار ساختمان.

### ۳. انعطاف‌پذیری بالا: مدیریت راحت‌تر سیستم

کنترل ورودی و یکپارچگی با سایر تجهیزات امنیتی و هوشمند.

### ۴. عملکرد یکپارچه با خانه‌های هوشمند

قابلیت اتصال به قفل‌های هوشمند، سیستم‌های روشنایی خودکار و دوربین‌های امنیتی.

### ۵. کنترل از راه دور: امکان مدیریت و باز/بسته

کردن درب حتی در خارج از منزل.

### ۶. افزایش ایمنی و احراز هویت هوشمند

استفاده از فناوری‌هایی مانند گفت‌وگوی دوطرفه، تشخیص چهره، حسگر اثر انگشت و کارت‌های RFID برای احراز هویت کاربران و جلوگیری از ورود افراد غیرمجاز. علاوه بر این، برخی مدل‌ها از الگوریتم‌های

## امکانات درب بازکن بی سیم و هوشمند

انتخاب یک درب بازکن بی سیم و هوشمند مستلزم بررسی ویژگی‌ها و قابلیت‌های آن است تا اطمینان حاصل شود که این سیستم با نیازهای کاربران و زیرساخت‌های موجود سازگار است. هر دستگاهی که به اینترنت متصل شود را نمی‌توان «هوشمند» نامید؛ یک سیستم درب بازکن واقعاً هوشمند باید قابلیت اتصال و تعامل با سایر تجهیزات خانه هوشمند، کنترل از راه دور، پردازش اطلاعات ورودی و امنیت بالا را فراهم کند.

برخی از مهم‌ترین امکانات درب بازکن‌های بی سیم و هوشمند عبارتند از

### ۱. ارتباطات و شبکه:

\* اتصال به اینترنت از طریق درگاه شبکه (Ethernet) یا ارتباط بی سیم (Wi-Fi).

\* پشتیبانی از VoIP (Voice over IP) برای انتقال صوت و تصویر از طریق اینترنت، کاهش هزینه‌های ارتباطی و بهبود کیفیت تماس‌ها.

\* پروتکل SIP (Session Initiation Protocol) برای برقراری تماس با خطوط تلفن ثابت و همراه، ایجاد ارتباطات امن و کاهش تأخیر در تماس‌های تصویری.

\* قابلیت انتقال تماس به دیگر نمایشگرها در یک ساختمان چندواحدی یا مجتمع مسکونی.

### ۲. کنترل از راه دور و مدیریت هوشمند:

\* باز و بسته کردن درب از راه دور از طریق اپلیکیشن موبایل یا دستگاه‌های صوتی.

\* برنامه‌ریزی زمانی (Scheduling): امکان تنظیم ساعات خاص برای باز یا بسته شدن خودکار درب.

\* ذخیره‌سازی داده‌ها و تصاویر مراجعین برای بررسی‌های بعدی و افزایش امنیت.

\* مدیریت از طریق فضای ابری (Cloud-based management): کنترل و پیکربندی تنظیمات از هر نقطه جغرافیایی.

\* یکپارچه‌سازی با سایر سیستم‌های هوشمند شامل کنترل دسترسی، دوربین‌های امنیتی و سیستم‌های هشداردهنده.

### ۳. ویژگی‌های امنیتی و نظارتی:

\* قابلیت برقراری تماس تصویری با افراد پشت درب قبل از اجازه ورود.

\* تنظیمات قابل تغییر صدا و اعلان‌ها برای شخصی‌سازی تجربه کاربری.

\* قابلیت دید در شب با استفاده از حسگرهای مادون قرمز (IR) برای نظارت تصویری در محیط‌های کم‌نور.

## فناوری‌های مورد استفاده در درب بازکن‌های بی سیم و هوشمند

### فناوری‌های ارتباطی

درب بازکن‌های بی سیم و هوشمند برای برقراری ارتباط بین اجزا از فناوری‌های مختلفی استفاده می‌کنند. بسته به نوع ارتباط، میزان پایداری، برد سیگنال و نیازهای امنیتی، روش‌های ارتباطی مختلفی در این سیستم‌ها به کار گرفته می‌شود:

#### Wi-Fi:

\* پرکاربردترین فناوری ارتباطی که امکان اتصال مستقیم سیستم به شبکه اینترنت را فراهم می‌کند.

\* قابلیت ارسال تصویر زنده و کنترل از راه دور از طریق اپلیکیشن موبایل.

\* چالش‌ها: وابستگی به اینترنت و تأخیر در ارسال داده‌ها در صورت ضعف سیگنال.

## امواج رادیویی (RF - Radio Frequency):

- \* استفاده از باندهای ۲.۴ گیگاهرتز یا ۴۳۳ مگاهرتز برای ارتباط بین مانیتور داخلی و پنل درب.
- \* مزایا: عدم نیاز به اینترنت، پاسخدهی سریعتر.
- \* معایب: نویزپذیری بالا و کاهش کیفیت سیگنال در ساختمان‌های بتنی.
- اکسس پوینت‌های اختصاصی (Private Access Points):

- \* ایجاد یک شبکه اختصاصی داخل ساختمان برای ارتباط پایدار بین اجزای سیستم.
- \* مزایا: امنیت بالاتر و کاهش تأخیر در انتقال داده.
- \* معایب: نیاز به تجهیزات اضافی و هزینه بالاتر.

## فناوری‌های پردازشی و امنیتی

- درب‌بازکن‌های بی‌سیم و هوشمند علاوه بر فناوری‌های ارتباطی، از سیستم‌های پردازشی و امنیتی پیشرفته‌ای استفاده می‌کنند که باعث افزایش دقت، امنیت و کارایی این سیستم‌ها می‌شود. این فناوری‌ها شامل موارد زیر هستند:

### ۱. هوش مصنوعی و یادگیری ماشین

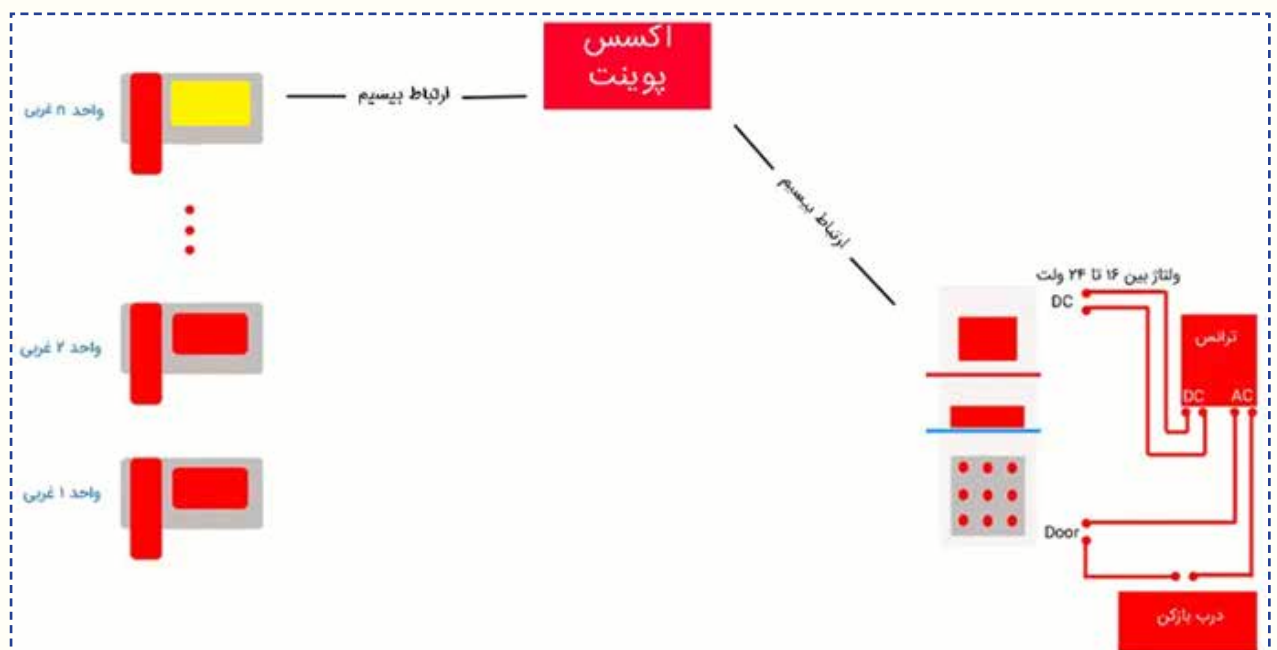
- \* تشخیص چهره با CNN و FaceNet: استفاده از شبکه‌های عصبی پیچیده برای شناسایی کاربران مجاز.
- \* الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای تحلیل رفتار کاربران: مانند K-Means و HMM برای شناسایی الگوهای ورود و خروج.
- \* تشخیص صدا با LSTM و RNN: امکان باز کردن درب با تأیید هویت صوتی.

### ۲. امنیت دیجیتال و رمزنگاری

- \* رمزنگاری AES-۲۵۶: جلوگیری از نفوذ هکرها به سیستم‌های کنترل درب.
- \* احراز هویت دو مرحله‌ای (2FA): ترکیب رمز عبور و بیومتریک برای افزایش امنیت.

- \* Blockchain برای ذخیره‌سازی داده‌های ورود و خروج: جلوگیری از جعل اطلاعات کاربران.
- ۳. سیستم‌های تشخیص و احراز هویت پیشرفته

- \* سنسورهای اثر انگشت و کارت‌های RFID: برای کنترل ورود کاربران مجاز.
- \* سیستم‌های دید در شب با پردازش



شکل ۳) نحوه کارکرد درب بازکن‌ها با فناوری ارتباطی اکسس پوینت

**تصویر:** استفاده از حسگرهای مادون قرمز (IR) برای شناسایی افراد حتی در محیط‌های کم‌نور.

\* ترکیب تشخیص چهره و تشخیص حرکت: بهبود امنیت از طریق ترکیب داده‌های تصویری و سنسوری.

## نصب و راه‌اندازی سیستم درب‌بازکن بی‌سیم و هوشمند

درب‌بازکن‌های بی‌سیم و هوشمند یک فناوری پیشرفته در سیستم‌های کنترل دسترسی هستند که علاوه بر افزایش امنیت، راحتی بیشتری را برای کاربران فراهم می‌کنند. نصب صحیح این سیستم‌ها، تأثیر مستقیمی بر عملکرد و کارایی آن‌ها دارد. در ادامه، مراحل نصب و راه‌اندازی این سیستم‌ها بررسی می‌شود.

### ۱. برنامه‌ریزی اولیه

قبل از نصب، ابتدا باید اهداف و نیازهای سیستم مشخص شود. در این مرحله، موارد زیر بررسی می‌شوند:

\* محل نصب پنل اصلی و مانیتورهای داخلی  
\* نوع ارتباط (Wi-Fi)، شبکه‌های رادیویی RF یا ترکیبی

\* نیاز به تجهیزات جانبی مانند دوربین‌های امنیتی یا حسگرهای حرکتی

### ۲. انتخاب تجهیزات مناسب

براساس برنامه‌ریزی اولیه، تجهیزات مورد نیاز انتخاب می‌شوند. این تجهیزات شامل موارد زیر هستند:

\* پنل ورودی: دارای دوربین، میکروفون، بلندگو و سیستم ارتباطی

\* مانیتور داخلی یا اپلیکیشن موبایل: برای مشاهده و تعامل با مراجعین

\* سیستم قفل هوشمند: الکترومغناطیسی یا

موتوری، متناسب با نوع درب

\* سنسورها و دوربین‌های امنیتی: در صورت نیاز برای افزایش ایمنی

### ۳. بررسی زیرساخت و تأمین انرژی

برخلاف سیستم‌های سیمی، درب‌بازکن‌های بی‌سیم معمولاً نیاز به کابل‌کشی ارتباطی ندارند، اما برخی اجزا همچنان ممکن است به تأمین انرژی الکتریکی نیاز داشته باشند. در این مرحله، موارد زیر بررسی می‌شوند:

\* برق‌رسانی به پنل ورودی و مانیتورها (در صورت عدم استفاده از باتری‌های قابل شارژ)

\* بررسی قدرت سیگنال Wi-Fi یا RF برای اطمینان از عملکرد پایدار

### ۴. نصب تجهیزات

پس از آماده‌سازی زیرساخت‌ها، مراحل نصب انجام می‌شود:

\* نصب پنل ورودی در محل مناسب (کنار درب اصلی با زاویه دید مناسب)

\* اتصال تجهیزات به شبکه بی‌سیم یا تنظیمات ارتباطی

\* نصب و راه‌اندازی اپلیکیشن موبایل یا مانیتور داخلی

### ۵. تنظیمات نرم‌افزاری و امنیتی

پس از نصب سخت‌افزار، سیستم باید تنظیم و پیکربندی شود:

\* اتصال به اینترنت و همگام‌سازی با سرور ابری (در صورت پشتیبانی)

\* تعریف کاربران مجاز و سطح دسترسی آن‌ها

\* فعال‌سازی رمزنگاری داده‌ها و احراز هویت دو مرحله‌ای (2FA)

سیستم‌ها ایفا کند.

انتظار می‌رود که در آینده، با توسعه الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای تشخیص تهدیدات، افزایش امنیت سایبری از طریق بلاک‌چین، و بهبود سخت‌افزارهای کم‌مصرف و پربازده، این فناوری‌ها بیش از پیش در ساختمان‌های مسکونی، اداری و صنعتی مورد استفاده قرار گیرند. در نهایت، درب‌بازکن‌های بی‌سیم و هوشمند به بخشی جدایی‌ناپذیر از اکوسیستم خانه‌های هوشمند و شهرهای آینده تبدیل خواهند شد.

آموزش نحوه استفاده از سیستم، یک مرحله ضروری برای بهره‌برداری صحیح از قابلیت‌های آن است. کاربران باید با موارد زیر آشنا شوند:

- \* نحوه مشاهده تصویر و برقراری تماس با مراجعین
- \* استفاده از قفل هوشمند و باز کردن درب از راه دور
- \* نکات امنیتی مانند تغییر دوره‌ای رمزهای دسترسی

### نکات مهم برای نصب ایمن و بهینه

**نصب سیستم توسط تکنسین‌های متخصص**  
اطمینان از صحت نصب و جلوگیری از اختلالات ارتباطی.

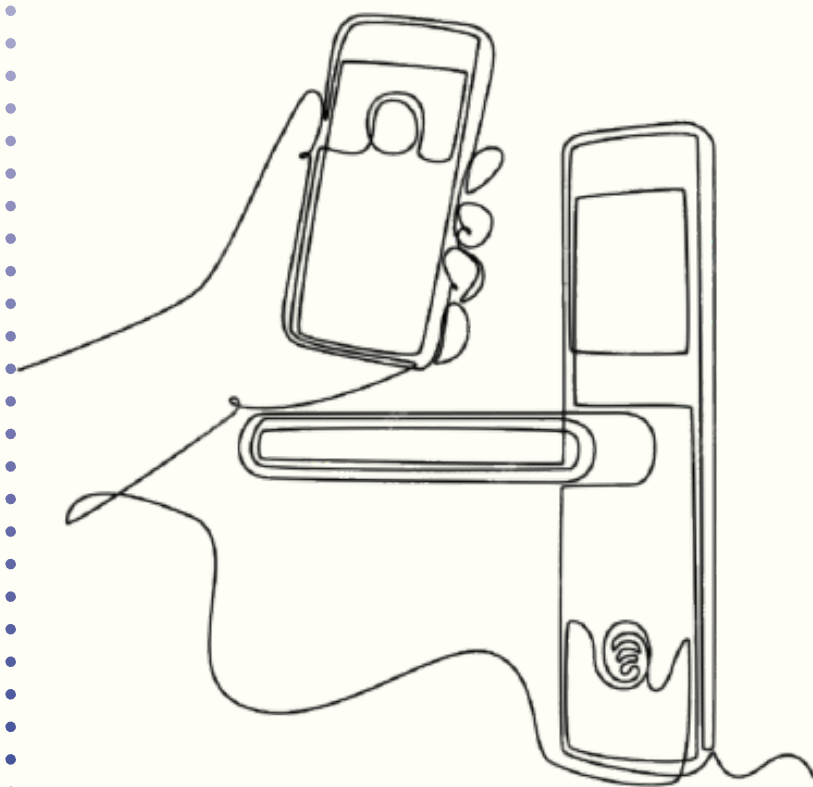
**استفاده از تجهیزات معتبر و دارای استاندارد امنیتی:** جلوگیری از نفوذپذیری و حملات سایبری به روزرسانی مداوم نرم‌افزارها: جلوگیری از آسیب‌پذیری‌های امنیتی و بهبود عملکرد سیستم

**بررسی قدرت سیگنال Wi-Fi یا RF:** برای جلوگیری از قطع ارتباط یا تأخیر در عملکرد سیستم

### جمع‌بندی

با پیشرفت فناوری‌های ارتباطی و پردازشی، درب‌بازکن‌های بی‌سیم و هوشمند به یکی از اجزای کلیدی در سیستم‌های امنیتی مدرن تبدیل شده‌اند. این سیستم‌ها با حذف نیاز به سیم‌کشی سنتی، افزایش انعطاف‌پذیری و ارائه قابلیت‌های متعدد پیشرفته، توانسته‌اند امنیت و راحتی را به‌طور هم‌زمان برای کاربران فراهم کنند.

با این حال، این فناوری‌ها با چالش‌هایی مواجه هستند که به‌منظور غلبه بر این چالش‌ها، استفاده از رمزنگاری پیشرفته، بهینه‌سازی مصرف انرژی، و به‌کارگیری شبکه‌های ارتباطی پایدارتر مانند 5G می‌تواند نقش مهمی در افزایش امنیت و کارایی این





## سیستم‌های هوشمند کشاورزی: راهکاری نوین برای بهبود بهره‌وری

مهسا صادقی - دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه زنجان



با افزایش جمعیت جهانی و نیاز روزافزون به مواد غذایی، بهره‌وری از کشاورزی اهمیت بیشتری پیدا کرده است. به همین دلیل سیستم‌های هوشمند با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته همچون سیستم‌های کنترل خودکار، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی می‌توانند راهکارهای مناسبی برای مدیریت منابع و افزایش تولید شوند.

### سیستم‌های کنترل خودکار در کشاورزی

سیستم‌های کنترل اتوماتیک به عنوان یک جزء اصلی کشاورزی هوشمند محسوب شده و نقش مهمی در بهینه‌سازی فرایندها دارند. این سیستم شامل سه قسمت اصلی است که شامل: حسگرها، کنترلرها و عملگرها می‌شود.

#### حسگرها:

حسگرهای مورد استفاده در کشاورزی، حسگرهای پیشرفته‌ای هستند که با پایش محیط، داده‌ها را جمع‌آوری می‌کنند و به مدیریت منابع و کاهش هزینه‌ها کمک می‌کنند. این حسگرها انواع مختلفی دارند که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است.

- حسگرهای رطوبت سنج خاک (Soil Moisture Sensors): برای سنجش میزان آب موجود در ریشه گیاه استفاده می‌شود.

- حسگرهای دما و رطوبت هوا (Temperature and Humidity Sensors): با ارزیابی دما و رطوبت محیط شرایط محیطی را کنترل می‌کنند.

- حسگرهای نوری (Optical Sensors): برای اندازه‌گیری شدت نور و بررسی سلامت گیاهان و تشخیص آفت‌های گیاهی کاربرد دارد.

### کنترلرها:

- داده‌های دریافت شده از حسگرها به منظور تجزیه و تحلیل به این بخش منتقل می‌شوند تا با اطلاعات از پیش تعیین شده‌ای که دارند تصمیمات بهینه‌ای برای انجام اقداماتی از قبیل تنظیم آبیاری، کنترل دما و رطوبت محیط و ... اخذ کنند.

- از کنترلرهای پیشرفته‌ای مانند PLC، Arduino و Raspberry Pi استفاده می‌شود که برای کنترل و خودکارسازی سیستم‌ها و مدیریت سیستم‌های مختلف در صنایع، کشاورزی هوشمند، و پروژه‌های تحقیقاتی کاربردی اند.

### عملگرها:

عملگرها نقش اجرایی را برعهده دارند و دستوراتی که از کنترلرها ارسال شده اجرا می‌کنند. این بخش میتواند شامل تنظیم دریچه‌های سیستم تهویه، پمپ‌های آب و ... باشد که تمامی این بخش‌ها بر اساس فرمان‌های کنترلر عمل می‌کنند. عملگرها در صرفه جویی در منابع هم نقش دارند.

برای مثال ممکن است میزان آبدهی به خاک را بر اساس داده‌های دریافت شده از حسگرها تنظیم کنند.

## آینده کشاورزی در اختیار هوش مصنوعی

پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۵۰ جمعیت جهان به ۱۰ میلیارد برسد همچنین با افزایش جمعیت میزان غذای مورد نیاز برای جهان نیز ۵۰ درصد افزایش می‌یابد، این در حالی است که حدود ۳۷,۷ درصد از کل کره زمین برای تولید محصولات زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولی در ایران به دلیل

وجود مشکل کم آبی نمی‌توان بیش از ۱۰ درصد زمین‌ها را به زیر کشت برد. تنها راه برای مقابله با این چالش، استفاده از اتوماسیون و هوش مصنوعی است که میتواند میزان بهره‌وری و تولید محصولات را افزایش دهد.

### مدیریت محصول با استفاده از هوش مصنوعی

مدیریت محصول با کاشت شروع شده و با نظارت بر رشد، برداشت و ذخیره و توزیع محصول ادامه می‌یابد. درک عمیق وضعیت محصول با توجه به زمان بندی آن و نوع خاک مطمئناً نحوه رشد محصول را تایین میکند. مدیریت دقیق زراعی (PCM) یک سیستم مدیریت کشاورزی است که برای هدف قراردادن نهاده‌های محصول و خاک با توجه به نیازهای مزرعه برای بهینه سازی سودآوری و حفاظت از محیط زیست طراحی شده است. کشاورزان برای مقابله با کمبود آب ناشی از خاک، آب و هوا یا آبیاری باید استراتژی‌های مختلف مدیریت محصول را ترکیب کنند.

### سیستم آبیاری خودکار محصولات با بهره گیری از هوش مصنوعی

نرم افزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند سطوح رطوبت خاک را تجزیه و تحلیل کند و شرایط جوی را نیز پیش‌بینی کنند و آبیاری محصولات را بر این اساس تنظیم کنند، این باعث صرفه جویی در آب می‌شود و آبیاری صحیح گیاه را تضمین می‌کند و رشد سالم تر و عملکرد بالاتر را تضمین می‌کند. چنین سیستم‌های آبیاری هوشمندی تا حد زیادی کارایی مصرف آب را بهبود می‌بخشد که یک عامل مهم در شیوه‌های کشاورزی پایدار است و هر گیاه دقیقاً مقدار مورد نیاز خود را برای رشد مطلوب دریافت می‌کند.

## مدیریت بیماری‌های گیاهان

برای داشتن عملکرد مطلوب در برداشت کشاورزی، کنترل بیماری ضروری است. بیماری‌های گیاهی و دامی عامل محدود کننده اصلی در بهبود عملکرد هستند. عوامل متعددی در گسترش بیماری‌هایی که به گیاهان و جانوران حمله می‌کنند، نقش دارند که می‌توان ژنتیک، نوع خاک، باران، هوای خشک، باد، دما و ... را نام برد. برای کنترل مؤثر بیماری‌ها و به حداقل رساندن تلفات، یک کشاورز باید از یک مدل کنترل و مدیریت بیماری یکپارچه استفاده کند که شامل اقدامات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است و دستیابی به این موارد زمان‌بر است و مقرون به صرفه نخواهد بود، از این رو نیاز به استفاده از هوش مصنوعی برای کنترل و مدیریت بیماری آشکار میگردد. به این منظور رویکردهای جدیدی مبتنی بر منطق فازی برای سیستم‌های کنترل سلامت گیاه تعریف شده است که چالش فوق را قابل حل کرده است.

## اینترنت اشیاء (IOT) در کشاورزی هوشمند

اینترنت اشیاء یکی از عناصر کشاورزی هوشمند است. شبکه‌ای از تجهیزات، ماشین‌آلات، حسگرهای متصل شده به اینترنت که به صورت خودکار اطلاعات محیطی را جمع‌آوری، پردازش و تحلیل می‌کنند و این شبکه متصل شده به اینترنت را میتوان از راه دور مدیریت و کنترل کرد.

## ویژگی‌های تخصصی IOT

## ۱) شبکه‌های حسگری هوشمند

حسگرهای هوشمندی که در سیستم‌های IOT مورد استفاده قرار می‌گیرند، قادرند پارامترهای محیطی مانند دما، رطوبت خاک، کیفیت هوا و شدت نور را به طور دقیق اندازه‌گیری کند. این داده‌ها از طریق پروتکل‌هایی مثل CoAP، MQTT یا LoRaWAN به مراکز پردازش مخابره می‌شوند تا برای تحلیل و

تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گیرند.

## ۲) پردازش ابری و تحلیل داده

داده‌هایی که از حسگرها دریافت میگردد، معمولاً در پلتفرم‌های ابری ذخیره می‌شوند. این پلتفرم‌ها ابزارهای پیشرفته‌ای برای تحلیل داده فراهم می‌کنند و می‌توانند الگوهایی را شناسایی کنند که به بهبود برنامه‌ریزی آبیاری، تغذیه گیاهان و مدیریت کلی مزرعه کمک می‌کند.

## ۳) اتوماسیون و کنترل از راه دور

با استفاده از سیستم‌های متصل، مثل آبیاری هوشمند یا ماشین‌های اتوماتیک، عملیات‌های کشاورزی می‌توانند به صورت خودکار و بر اساس داده‌های حسگرها انجام شوند. این قابلیت علاوه بر صرفه‌جویی در وقت و هزینه، دقت در اجرای فعالیت‌ها را هم افزایش می‌دهد.

## ۴) همگرایی با فناوری‌های دیگر

یکی از ویژگی‌های منحصربه‌فرد IOT در کشاورزی هوشمند، قابلیت ترکیب آن با فناوری‌هایی مثل هوش مصنوعی (AI)، یادگیری ماشین و رباتیک است. این همگرایی امکان شناسایی بیماری‌های گیاهی، پایش خاک و مدیریت دقیق‌تر منابع را بهبود می‌بخشد.

## ۵) پایش بی درنگ و پیش بینی شرایط

IOT به کشاورزان کمک می‌کند تا به صورت لحظه‌ای وضعیت مزرعه و محصولات را بررسی کنند. همچنین، با استفاده از تحلیل داده‌ها، پیش‌بینی‌هایی ارائه میکنند که این امکان را به کشاورزان میدهد که تصمیم‌های پیشگیرانه و مؤثر را در زمان مناسب اتخاذ کنند.

این ویژگی‌ها به وضوح نشان می‌دهد که IOT در کشاورزی هوشمند نه تنها باعث بهبود مدیریت منابع می‌شود، بلکه امکان استفاده از فناوری‌های پیشرفته را برای ایجاد پایداری بیشتر در کشاورزی فراهم می‌کند.

با پیشرفت تکنولوژی در دنیای کنونی، کشاورزی هوشمند بسیار کارآمد و مقرون به صرفه تر از کشاورزی سنتی بوده و نیاز جهانی را تأمین میکند. موارد یاد شده در مقاله فوق به افزایش بهره وری و کیفیت محصولات کمک کرده و باعث افزایش تولید محصول با کیفیت می‌شود.

علاوه بر آن مدیریت منابع آبی، نظارت بر سلامت گیاه، سرعت و دقت بالاتر در کشت محصولات از مزیت‌های دیگر استفاده از این روش‌های نوین است.





## تازه‌های برقی

محیا فاضلی - دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه زنجان



### ساخت دهکده مجازی برای زندگی ربات‌ها

فناوری‌های نوین به سرعت در حال تغییر و تحول در زندگی روزمره ما هستند. این فناوری‌ها شامل هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، رباتیک و دیگر تکنولوژی‌های پیشرفته می‌شوند که به ما این امکان را می‌دهند تا زندگی بهتری داشته باشیم و کارهای روزمره را به شیوه‌ای کارآمدتر انجام دهیم. یکی از مفاهیم نوین در این زمینه، «دهکده مجازی برای زندگی ربات‌ها» است که به ایجاد فضایی دیجیتال برای ربات‌ها اشاره دارد.

دهکده مجازی برای زندگی ربات‌ها یک محیط شبیه‌سازی شده است که در آن ربات‌ها می‌توانند به صورت مستقل یا هماهنگ با یکدیگر زندگی کنند. این دهکده شامل ساختمان‌ها، خیابان‌ها و مناطق مختلفی است که ربات‌ها می‌توانند در آن به فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و آموزشی بپردازند. هدف از ایجاد این دهکده، فراهم کردن فضایی برای تعامل ربات‌ها و انسان‌ها و همچنین آزمایش فناوری‌های جدید است.

ربات‌ها در زندگی روزمره ما نقش‌های متنوعی ایفا می‌کنند. از ربات‌های خانگی که به تمیزکاری و انجام کارهای روزمره کمک می‌کنند، تا ربات‌های صنعتی که در خطوط تولید و کارخانه‌ها به کار گرفته می‌شوند. همچنین، ربات‌ها در حوزه‌های پزشکی، خدماتی و آموزشی نیز کاربرد دارند و به بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها کمک می‌کنند.

مجازی برای زندگی ربات‌ها در حال توسعه هستند. برخی از شرکت‌ها و مؤسسات تحقیقاتی در حال کار بر روی پروژه‌هایی هستند که به شبیه‌سازی تعاملات ربات‌ها و انسان‌ها در محیط‌های مجازی می‌پردازند. این پروژه‌ها می‌توانند به ما کمک کنند تا درک بهتری از چگونگی تعامل ربات‌ها با دنیای واقعی داشته باشیم و به بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها کمک کنند.

دهکده مجازی برای زندگی ربات‌ها یک مفهوم نوین و جذاب است که می‌تواند به تغییرات عمده‌ای در نحوه زندگی و کار ما منجر شود. با توجه به پیشرفت‌های فناوری و نیاز به اتوماسیون، این دهکده‌ها می‌توانند به عنوان یک راهکار مؤثر برای بهبود کیفیت زندگی و افزایش کارایی در صنایع مختلف عمل کنند.



## رزبری پای ۵

در دنیای فناوری، تحولات و نوآوری‌های برقی به سرعت در حال پیشرفت هستند و دستگاه‌هایی مانند رزبری پای نمونه‌ای از این تحولات به شمار می‌آیند. رزبری پای ۵ (Raspberry Pi 5) به عنوان یکی از جدیدترین مدل‌های خانواده رزبری پای، در تاریخ ۲ سپتامبر ۲۰۲۳ معرفی شد. این دستگاه کوچک و قدرتمند، به عنوان یک کامپیوتر مقرون به صرفه طراحی شده است که می‌تواند در پروژه‌های آموزشی،

طراحی دهکده مجازی برای زندگی ربات‌ها نیازمند توجه به چندین عامل کلیدی است. این عوامل شامل محیط شبیه‌سازی شده، سیستم‌های ارتباطی و زیرساخت‌های فناوری است که برای مدیریت و کنترل ربات‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تکنولوژی‌های مختلفی در دهکده مجازی برای زندگی ربات‌ها به کار گرفته می‌شوند، از جمله هوش مصنوعی برای یادگیری و تصمیم‌گیری مستقل ربات‌ها، اینترنت اشیاء برای ارتباط و تعامل ربات‌ها با محیط و یکدیگر، و سیستم‌های شبیه‌سازی برای ایجاد محیط‌های مجازی که ربات‌ها در آن فعالیت کنند.

با وجود مزایای فراوان، ایجاد دهکده مجازی برای زندگی ربات‌ها با چالش‌هایی نیز مواجهه است، از جمله مسائل اخلاقی مربوط به حریم خصوصی و امنیت داده‌ها، هزینه‌های بالا برای توسعه و نگهداری زیرساخت‌ها، و نیاز به دانش فنی بالا برای طراحی و مدیریت سیستم‌ها.

مزایای دهکده مجازی برای زندگی ربات‌ها شامل افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها از طریق اتوماسیون فرآیندها است. با این حال، معایب آن نیز شامل کاهش اشتغال و وابستگی به فناوری می‌باشد، که در صورت بروز مشکلات فنی، عملکرد سیستم‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

آینده دهکده‌های مجازی برای زندگی ربات‌ها بسیار روشن به نظر می‌رسد. با پیشرفت‌های مداوم در زمینه هوش مصنوعی و رباتیک، انتظار می‌رود که این فناوری‌ها به تدریج بهبود یابند و کاربردهای بیشتری پیدا کنند. همچنین، این دهکده‌ها می‌توانند به عنوان بسترهای آزمایشی برای توسعه فناوری‌های جدید و ارزیابی تعاملات انسانی-رباتی عمل کنند. در حال حاضر، نمونه‌های واقعی از دهکده‌های

مدیریت حرارت و مصرف انرژی بهینه‌تر آن اشاره کرد که در استفاده‌های طولانی‌مدت، عملکرد بهتری را فراهم می‌آورد.

نصب و راه‌اندازی رزبری‌پی‌ای ۵ به سادگی انجام می‌شود. کاربران باید تجهیزات لازم را تهیه کرده، سیستم‌عامل را از وبسایت رسمی دانلود و روی کارت microSD نصب کنند. پس از قرار دادن کارت در دستگاه و انجام اتصالات، رزبری‌پی‌ای آماده به کار خواهد بود. مراحل به‌روزرسانی و نصب نرم‌افزارهای اضافی نیز به سادگی قابل انجام است.

رزبری‌پی‌ای ۵ به دلیل ویژگی‌های قدرتمند خود، می‌تواند در پروژه‌های مختلفی مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال، می‌توان آن را به یک سرور رسانه با استفاده از نرم‌افزارهایی مانند Plex تبدیل کرد یا یک ایستگاه هواشناسی با حسگرهای دما و رطوبت ساخت. همچنین امکان راه‌اندازی سیستم کنترل خانه هوشمند با نرم‌افزارهایی مثل Home Assistant یا استفاده به عنوان مغز مرکزی ربات‌ها وجود دارد. دیگر کاربردهای این دستگاه شامل میزبانی وبسایت‌ها و ایجاد سیستم‌های دوربین امنیتی است.

از مزایای رزبری‌پی‌ای ۵ می‌توان به عملکرد بالا، قابلیت اتصال به دستگاه‌های متعدد و قیمت مناسب اشاره کرد. این دستگاه گزینه‌ای مقرون به صرفه برای توسعه‌دهندگان و دانشجویان است. اما برخی معایب نیز وجود دارد، از جمله نیاز به تجهیزات جانبی و عملکرد محدود در پروژه‌های سنگین، همچنین ممکن است نصب و پیکربندی برای مبتدیان کمی دشوار باشد.

در نهایت، رزبری‌پی‌ای ۵ با ویژگی‌ها و قابلیت‌های متنوع، گزینه‌ای عالی برای علاقه‌مندان به تکنولوژی و توسعه‌دهندگان است. با توانایی‌های گسترده و

تحقیقاتی و DIY مورد استفاده قرار گیرد. هدف اصلی تیم رزبری‌پی‌ای همیشه ارائه یک پلتفرم کارآمد برای علاقه‌مندان به تکنولوژی بوده‌است. با ویژگی‌های بهبودیافته و قابلیت‌های گسترده، رزبری‌پی‌ای ۵ به یک گزینه محبوب برای توسعه‌دهندگان و دانشجویان تبدیل شده است.

این نسل پنجم با پردازنده ۶ هسته‌ای Cortex-A76، حافظه RAM گزینه‌ای ۴ و ۸ گیگابایت LPDDR5، پورت‌های USB3.0 و HDMI دوگانه عرضه می‌شود که امکان خروجی ویدئو با کیفیت 4k را فراهم می‌کند. همچنین، این دستگاه از اتصالات بی‌سیم 802.11ac Wi-Fi و Bluetooth5.0 پشتیبانی می‌کند و دارای ۴۰ پین GPIO برای اتصال به حسگرها و سخت‌افزارهای مختلف است. این ویژگی‌ها نشان می‌دهند که رزبری‌پی‌ای ۵ می‌تواند در پروژه‌های مختلف به خوبی عمل کند.

رزبری‌پی‌ای ۵، نسبت به مدل‌های قبلی خود به طور قابل توجهی بهبود یافته است. با پردازنده ۶ هسته‌ای Cortex-A76، این دستگاه عملکرد بهتری نسبت به پردازنده‌های ۴ هسته‌ای Cortex-A72 (رزبری‌پی‌ای ۴) و Cortex-A53 (رزبری‌پی‌ای ۳) دارد. همچنین، حافظه RAM در رزبری‌پی‌ای ۵ به گزینه‌های ۴ و ۸ گیگابایت LPDDR5 ارتقا یافته است، در حالی که رزبری‌پی‌ای ۴ فقط تا ۸ گیگابایت و رزبری‌پی‌ای ۳ تنها ۱ گیگابایت RAM داشت.

در زمینه اتصالات و پورت‌ها، رزبری‌پی‌ای ۵ دارای دو پورت USB3.0 و دو پورت USB2.0 و همچنین دو پورت micro-HDMI با کیفیت 4k است، در حالی که نسل‌های قبلی امکانات کمتری داشتند. همچنین، این دستگاه از 802.711ac Wi-Fi و Bluetooth5.0 پشتیبانی می‌کند که بهبودهایی نسبت به Bluetooth4.2 در رزبری‌پی‌ای ۴ به شمار می‌رود. از دیگر مزایای رزبری‌پی‌ای ۵ می‌توان به

قیمت مناسب، این دستگاه می‌تواند به عنوان یک ابزار ارزشمند در پروژه‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد.



## باتری‌های لیتیوم یونی

در دنیای امروز، فناوری به سرعت در حال پیشرفت است؛ یکی از کلیدی‌ترین اجزای این پیشرفت، انرژی و ذخیره‌سازی آن است. با افزایش تقاضا برای دستگاه‌های الکترونیکی قابل حمل و خودروهای الکتریکی، نیاز به باتری‌های کارآمد و پایدار بیش از پیش احساس می‌شود. در این راستا، باتری‌های لیتیوم یونی به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع انرژی در صنایع مختلف شناخته می‌شوند. این باتری‌ها نه تنها توانایی ذخیره‌سازی انرژی بالا را دارند، بلکه عمر طولانی و وزن سبک نیز از ویژگی‌های بارز آنهاست. در سال ۲۰۲۴، این فناوری با پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه‌های مختلف همراه است که به بررسی آن خواهیم پرداخت.

باتری‌های لیتیوم یونی نوعی از باتری‌های قابل شارژ هستند که از یک کاتد (معمولاً از جنس لیتیوم کبالت اکسید یا لیتیوم آهن فسفات) و یک آنود (معمولاً از جنس گرافیت) تشکیل شده‌اند. الکترولیت، که معمولاً مایع است، بین این دو الکترود قرار دارد و امکان حرکت یون‌های لیتیوم را فراهم می‌کند. این حرکت یون‌ها در هنگام شارژ و دشارژ، انرژی را

ذخیره یا آزاد می‌کند.

باتری‌های لیتیوم یونی برای اولین بار در دهه ۱۹۹۰ به بازار عرضه شدند و به سرعت به عنوان جایگزینی برای باتری‌های نیکل کادمیوم و نیکل متال هیدرید مورد استفاده قرار گرفتند. پیشرفت‌های مداوم در مواد و طراحی باتری‌ها، منجر به افزایش ظرفیت و کاهش هزینه‌ها شده است. از آن زمان، این فناوری به طور مداوم در حال توسعه بوده و بهبودهایی در زمینه ایمنی و عملکرد آن به وجود آمده است.

در سال ۲۰۲۴، پیشرفت‌های قابل توجهی در فناوری باتری‌های لیتیوم یونی مشاهده می‌شود. افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی انرژی به لطف مواد جدید و ترکیبات شیمیایی، کاهش زمان شارژ با فناوری‌های نوین در زمینه شارژ سریع و بهبود ایمنی با افزودن مواد ایمن‌تر از جمله این پیشرفت‌ها هستند.

با وجود مزایای فراوان، باتری‌های لیتیوم یونی چالش‌هایی نیز در زمینه‌های زیست‌محیطی به همراه دارند. استخراج لیتیوم و دیگر فلزات مورد نیاز برای تولید این باتری‌ها می‌تواند به تخریب محیط‌زیست و کاهش منابع طبیعی منجر شود؛ به همین دلیل، تحقیقات در زمینه بازیافت و استفاده از مواد پایدار در حال افزایش است.

بازار باتری‌های لیتیوم یونی در سال ۲۰۲۴ به سرعت در حال رشد است. این باتری‌ها در خودروهای الکتریکی، دستگاه‌های الکترونیکی قابل حمل و سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی استفاده می‌شوند. با افزایش تقاضا برای انرژی‌های تجدیدپذیر، اهمیت این باتری‌ها در تأمین انرژی پایدار بیش از پیش احساس می‌شود.

صنعت باتری‌های لیتیوم یونی با چالش‌های متعددی مواجه است، از جمله هزینه‌های بالا،

پیشرفته‌ترین و سریع‌ترین کامپیوترهای کوانتومی در سطح جهانی شناخته می‌شود.

تاریخچه توسعه فناوری کوانتومی در چین به اوایل دهه ۲۰۰۰ بازمی‌گردد، زمانی که پژوهشگران چینی شروع به بررسی اصول مکانیک کوانتومی و کاربردهای آن کردند. با سرمایه‌گذاری‌های کلان دولت و همکاری‌های بین‌المللی، چین به سرعت به یکی از مراکز اصلی تحقیق و توسعه در این حوزه تبدیل شد. در سال ۲۰۱۵، چین موفق به راه‌اندازی ماهواره کوانتومی «موی‌تیان‌تی» شد که نشان‌دهنده عزم این کشور برای پیشرفت در فناوری‌های کوانتومی بود. این پروژه به عنوان یک نقطه عطف در تاریخ توسعه فناوری کوانتومی در چین به شمار می‌رود.

جزئیات فنی کامپیوترهای کوانتومی چینی، به ویژه زوژنگ ۲، شامل استفاده از کیوبیت‌ها (qubits) است که می‌توانند به طور همزمان در حالت‌های مختلف قرار بگیرند. این امکان به کامپیوتر اجازه می‌دهد تا محاسبات پیچیده‌تری را انجام دهد. زوژنگ ۲ به استفاده از ابررساناها و دیودهای نوری برای کنترل و مدیریت کیوبیت‌ها شهرت دارد و با این فناوری، موفق به انجام محاسباتی شده که برای کامپیوترهای کلاسیک تقریباً غیرممکن است.

چین در حال حاضر چندین پروژه کلیدی در زمینه کامپیوترهای کوانتومی در دست اجرا دارد. پروژه «۱۰۰۰ کیوبیتی» یکی از این پروژه‌ها است که هدف آن توسعه یک کامپیوتر کوانتومی با ظرفیت ۱۰۰۰ کیوبیت است. همچنین، دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی چینی در حال کار بر روی پروژه‌های مختلفی برای بهینه‌سازی الگوریتم‌ها و استفاده از قابلیت‌های زوژنگ ۲ در زمینه‌های مختلف هستند. با وجود پیشرفت‌های چشمگیر، چین با چالش‌هایی نیز روبه‌رو است. یکی از این چالش‌ها، حفظ و کنترل

مشکلات تأمین مواد اولیه و تأثیرات زیست‌محیطی؛ با این حال، نوآوری‌های مداوم و تحقیقات در زمینه فناوری‌های جدید، مانند باتری‌های حالت جامد و لیتیوم سولفور، چشم‌انداز امیدبخشی را برای آینده این فناوری به همراه دارد.

باتری‌های لیتیوم یونی در سال ۲۰۲۴ به عنوان یک فناوری کلیدی در زمینه ذخیره‌سازی انرژی شناخته می‌شوند. با پیشرفت‌های تکنولوژیکی، این باتری‌ها قادر به ارائه عملکرد بهتری در مقایسه با نسل‌های قبلی خود هستند. با این حال، چالش‌های زیست‌محیطی و بازار باید مورد توجه قرار گیرد تا بتوان از این فناوری به‌طور پایدار استفاده کرد. در نهایت، ادامه تحقیقات و نوآوری‌ها می‌تواند به بهبود بیشتر این فناوری و کاهش تأثیرات منفی آن بر



محیط زیست کمک کند.

## کامپیوترهای کوانتومی

در دنیای امروز، فناوری‌های نوین به سرعت در حال تحول هستند و یکی از این فناوری‌ها، کامپیوترهای کوانتومی است که وعده‌ای برای انقلاب در حوزه محاسبات و پردازش داده‌ها دارد. این کامپیوترها با بهره‌گیری از اصول مکانیک کوانتومی، قادر به انجام محاسبات پیچیده‌تری در زمان کوتاه‌تر نسبت به کامپیوترهای کلاسیک هستند. در این میان، چین به عنوان یکی از پیشگامان این حوزه ظهور کرده و در سال ۲۰۲۳، کامپیوتر کوانتومی «زوژنگ ۲» (Zuchongzhi 2) را معرفی کرد که به عنوان یکی از

کیوبیت‌ها در حالت‌های کوانتومی است که نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. همچنین، تأمین نیروی انسانی متخصص و نیاز به سرمایه‌گذاری‌های کلان در تحقیق و توسعه از دیگر موانع پیش‌روی چین در این زمینه به شمار می‌رود.

چین در مقایسه با کشورهای دیگر، مانند ایالات متحده و کشورهای اروپایی، به سرعت در حال پیشرفت در حوزه کامپیوترهای کوانتومی است. در حالی که ایالات متحده همچنان در زمینه تحقیق و توسعه فناوری‌های کوانتومی پیشرو است، چین با پروژه‌های بزرگ و سرمایه‌گذاری‌های دولتی توانسته است به سرعت به رقابت بپردازد و حتی در برخی زمینه‌ها، به ویژه در ارتباطات کوانتومی، پیشی بگیرد.

آینده فناوری کوانتومی در چین بسیار امیدوارکننده به نظر می‌رسد. با توجه به سرمایه‌گذاری‌های مستمر و توجه به تحقیقات بنیادی، چین می‌تواند به یکی از قدرت‌های بزرگ در زمینه فناوری‌های کوانتومی تبدیل شود. این فناوری نه تنها به بهبود صنعت فناوری اطلاعات کمک خواهد کرد، بلکه می‌تواند تأثیر عمیقی بر سایر حوزه‌ها نظیر داروسازی و امنیت سایبری داشته باشد.

نقش پژوهشگران و دانشگاه‌ها در این زمینه بسیار کلیدی است. بسیاری از دانشگاه‌های معتبر چینی، نظیر دانشگاه تسینگ‌هوا و دانشگاه پکن، در حال انجام تحقیقات پیشرفته در این حوزه هستند. همکاری‌های بین‌المللی و تبادل دانش میان پژوهشگران نیز می‌تواند به تسریع پیشرفت‌ها و نوآوری‌ها در این حوزه کمک کند. با توجه به تمامی این عوامل، به نظر می‌رسد که چین در مسیر تبدیل شدن به یکی از رهبران جهانی در فناوری‌های کوانتومی قرار دارد و این فناوری می‌تواند تأثیرات چشمگیری بر آینده



## باتری‌های خوردنی: نوآوری در فناوری انرژی و سلامت

باتری‌های خوردنی به عنوان یک نوآوری جذاب در فناوری الکتریکی و زیست‌محیطی، توجه زیادی را جلب کرده‌اند. این باتری‌ها به‌طور خاص برای تأمین انرژی دستگاه‌های الکترونیکی کوچک و حسگرهای زیستی طراحی شده و از مواد طبیعی و زیست‌سازگار ساخته می‌شوند. این ویژگی‌ها به آن‌ها اجازه می‌دهد تا در داخل بدن یا محیط‌های زیستی به طور مؤثر عمل کنند و به کاهش ضایعات و اثرات منفی زیست‌محیطی کمک کنند. با توجه به پیشرفت‌های سریع در علم مواد و فناوری‌های نانو، انتظار می‌رود که باتری‌های خوردنی نقش کلیدی در آینده پزشکی ایفا کنند، به ویژه در زمینه پایش سلامت و درمان‌های نوین.

این باتری‌ها معمولاً از ترکیب پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و دیگر ترکیبات طبیعی ساخته می‌شوند. پروتئین‌هایی مانند کلاژن و ژلاتین به دلیل زیست‌سازگاری و قابلیت تجزیه در بدن، گزینه‌های مناسبی برای ساختار باتری هستند. کربوهیدرات‌هایی مانند نشاسته و گلوکز به عنوان منابع انرژی عمل کرده و می‌توانند به تولید الکترون و انرژی کمک کنند. همچنین، باتری‌های خوردنی

پذیرش عمومی آن‌ها نیز ممکن است زمان‌بر باشد. تحقیقات در این حوزه به شناسایی و توسعه مواد جدید، بهبود عملکرد الکتروشیمیایی و بررسی کاربردهای نوین متمرکز شده است. آزمایش‌های بالینی و همکاری‌های بین‌المللی نیز به تسریع پیشرفت‌های علمی کمک می‌کنند. با توجه به پیشرفت‌های علمی و نیاز روزافزون به راه‌حل‌های پایدار، انتظار می‌رود که باتری‌های خوردنی در آینده به عنوان منبع انرژی اصلی در دستگاه‌های پزشکی و حسگرها مورد استفاده قرار گیرند.

در نهایت، باتری‌های خوردنی به عنوان یک نوآوری قابل‌توجه در حوزه فناوری انرژی، نمایانگر آینده‌ای پایدار و زیست‌سازگار هستند. این فناوری می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی و ایجاد تغییرات مثبت در صنایع مختلف کمک کند و به عنوان راه‌حلی مؤثر برای چالش‌های زیست‌محیطی و بهداشتی شناخته شود.



معمولاً به صورت سلول‌های الکتروشیمیایی طراحی می‌شوند که شامل دو الکتروود (آند و کاتد) هستند و با ورود مواد غذایی یا مایعات به باتری، واکنش‌های شیمیایی آغاز می‌شود که انرژی الکتریکی تولید می‌کند. این فرایند نه تنها عملکرد باتری را آسان می‌کند بلکه به تجزیه آسان آن در محیط زیست نیز کمک می‌کند.

مزایای ساختاری باتری‌های خوردنی شامل تجزیه آسان در بدن و عدم آسیب به سلامت انسان است. این باتری‌ها می‌توانند انرژی لازم برای حسگرهای کوچک و دستگاه‌های پزشکی را تأمین کنند و به همین دلیل به عنوان گزینه‌ای نوآورانه و پایدار برای تأمین انرژی در آینده مورد توجه قرار گرفته‌اند.

باتری‌های خوردنی کاربردهای متنوعی دارند. در حوزه پزشکی، آن‌ها می‌توانند منبع انرژی حسگرهای زیستی باشند که وضعیت سلامتی بیماران را پایش می‌کنند؛ همچنین، این باتری‌ها می‌توانند به عنوان منبع انرژی برای داروهای هوشمند عمل کنند. در صنایع غذایی، باتری‌های خوردنی می‌توانند در حسگرهای کیفیت غذا و بسته‌بندی‌های هوشمند استفاده شوند تا اطلاعات مربوط به تازگی و ایمنی مواد غذایی را فراهم کنند. در دستگاه‌های پوشیدنی نیز می‌توانند به کار روند و به سادگی با مصرف غذا یا مایعات انرژی لازم را تأمین کنند.

با وجود این مزایا، چالش‌هایی نیز در توسعه و استفاده از باتری‌های خوردنی وجود دارد. محدودیت‌های ظرفیت یکی از چالش‌های اصلی است، زیرا این باتری‌ها در مقایسه با باتری‌های سنتی ظرفیت کمتری دارند و ممکن است برای برخی کاربردها کافی نباشند. همچنین، نیاز به تحقیقات بیشتر برای افزایش پایداری و عمر مفید این باتری‌ها وجود دارد. تولید این باتری‌ها ممکن است هزینه‌بر باشد و

# بررسی عوامل ناترازی برق در ایران و تأثیرات آن بر صنعت: تحلیل‌ها و راهکارهای رفع بحران از زبان کارشناسان صنعت

دکتر سعید شیرینی - محمد ادیب‌یان

EESS

تعداد بسیار زیادی پست برق وظیفه انتقال برق کشور از نیروگاه‌ها به نقاط مصرف برخوردار است، برخی عدم توازن‌ها نیز در ظرفیت‌های شبکه در بخش‌های مختلف کشور وجود دارند. نحوه‌های بهره‌برداری نیروگاه‌ها عمدتاً به دلیل محدودیت‌ها یا ظرفیت‌های حامل‌های اولین مثل گاز، سوخت مایع و آب پست سدهای نیروگاه‌های برقی آبی نیز در مواقعی از سال موجب برخی گرفتگی‌ها در شبکه می‌شود. محدودیت‌های توسعه شبکه در نقاط پرجمعیت و دشوار به لحاظ زیست محیطی نیز موجب عدم توسعه کافی شبکه در برخی نقاط شده است این امر به طور مستقیم بر روی اتلاف انرژی تأثیری گذارد.

با توجه به تمام عوامل گفته شده در این بخش همچنان گفته می‌شود تنها چاره عبور ما از این بحران آگاه‌سازی مردم و استفاده بهینه از انرژی برق در کشور است.

اگر نیروگاهی در یک کشور توسعه‌یافته اروپایی، راندمان ۵۶ تا ۵۸ درصدی را ثبت می‌کند، نیروگاه‌های موجود در ایران راندمان زیر ۳۰ درصد دارند. همان‌طور که می‌بینید این یک فاجعه است! یعنی همان‌قدر انرژی را مصرف می‌کنند اما نصف آن بازدهی دارند. نیروگاه‌های کم‌بازده و فرسوده نقش مهمی در اتلاف انرژی کشورمان ایفا می‌کنند.

موضوعاتی که نه تنها بهره‌وری را کاهش می‌دهد، بلکه ضرر زیادی به اقتصاد کشور نیز وارد می‌کند.

## چالش‌های صنعت در زمان ناترازی

کشور عزیزمان ایران از لحاظ انرژی به علت برخورداری از منابع نفت و گاز، کشوری غنی به حساب می‌آید و این امر تا حدودی باعث شده تا با استفاده از همین منابع، برق کشور تولید شود. هنگامی که در استفاده از انرژی گازی دچار نوسانات می‌شویم، در تولید برق نیز مشکلاتی به وجود می‌آیند.

در نظر داریم تا به بررسی عوامل ناترازی‌های برق کشور در سال‌های اخیر بپردازیم.

نیاز مصرف اوج بار در سال ۱۴۰۳ به میزان ۷۹۸۷۲ مگاوات رسیده که با احتساب اوج بار سال گذشته به میزان ۷۳۴۶۳ مگاوات، رشدی به میزان ۷/۸ درصد به وقوع پیوسته است. رشد متعارف نیاز برق کشور بر اساس متوسط ۱۰ سال اخیر، تقریباً ۵ درصد است. با خواندن همین اعداد که از سوی سازمان بهروری جمهوری اسلامی ایران منتشر شده است، می‌توان دریافت که مصرف برق در کشور رشد غیر متعارفی داشته است.

بیش از ۹۰ درصد برق کشور توسط نیروگاه‌های حرارتی و مابقی آن توسط نیروگاه‌های آبی، اتمی و تجدیدپذیر تولید می‌شوند. ایراد این امر این است که نیروگاه‌های حرارتی به انرژی گاز وابسته‌اند می‌توان این نتیجه را گرفت که در سال‌های اخیر ناترازی‌های گاز نیز به تولید برق در کشور مشکل ایجاد کرده است

از عوامل دیگر ناترازی‌ها می‌توان به عدم رشد شبکه برق کشور اشاره کرد

شبکه برق کشور با هزاران کیلومتر مدار و

## ۱. کاهش تولید و بهره وری

یکی از پیامدهای مستقیم ناترازی برق، قطعی‌های مکرر و نوسانات برق است که باعث توقف خطوط تولید در کارخانه‌ها و کاهش بهره وری می‌شود. این امر نه تنها بر تولید محصولات تأثیر می‌گذارد، بلکه زمان و هزینه بیشتری را برای بازیابی فعالیت‌های تولیدی تحمیل می‌کند.

## ۲. افزایش هزینه‌های تولید

قطعی برق، صنایع را مجبور به استفاده از ژنراتورهای اضطراری می‌کند. این تجهیزات اغلب با هزینه‌های سوخت بالا و کارایی پایین همراه هستند. همچنین، هزینه تعمیر و نگهداری این تجهیزات، فشار مالی بیشتری به شرکت‌ها وارد می‌کند.

## ۳. خرابی تجهیزات صنعتی

نوسانات برق و قطعی‌های ناگهانی می‌تواند منجر به آسیب به تجهیزات حساس و ماشین‌آلات صنعتی شود. این خرابی‌ها نه تنها هزینه‌های تعمیرات را افزایش می‌دهند، بلکه ممکن است توقف تولید را طولانی تر کرده و باعث کاهش کیفیت محصولات شوند.

بخش صنعت، به عنوان بزرگ‌ترین مصرف کننده انرژی الکتریکی، بیشترین آسیب را از ناترازی برق متحمل می‌شود. قطعی‌های مکرر برق باعث توقف خطوط تولید، کاهش بهره وری، و آسیب به تجهیزات صنعتی می‌شود.

## ۴. کاهش توان رقابت پذیری

ناترازی برق باعث افزایش هزینه‌های تولید و کاهش بهره وری می‌شود، که در نهایت قیمت تمام شده محصولات را بالا می‌برد. این مسئله توان رقابت صنایع در بازارهای داخلی و خارجی را کاهش داده و ممکن است به از دست دادن سهم بازار منجر شود.

## ۵. بیکاری و کاهش فرصت‌های شغلی

توقف‌های مکرر تولید به دلیل کمبود برق می‌تواند شرکت‌ها را به کاهش نیروی کار مجبور کند. این وضعیت به کاهش اشتغال و افزایش مشکلات اجتماعی منجر خواهد شد.

## ۶. تأخیر در پروژه‌های توسعه ای

شرکت‌هایی که برای گسترش فعالیت‌های خود به تأمین پایدار انرژی نیاز دارند، ممکن است به دلیل عدم اطمینان از تأمین برق، پروژه‌های توسعه‌ای خود را متوقف یا به تعویق بیندازند.

## ۷. افزایش آلاینده‌ها

استفاده از ژنراتورهای اضطراری که اغلب از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند، منجر به افزایش انتشار آلاینده‌های زیست محیطی می‌شود. این امر در بلندمدت، هزینه‌های بیشتری را به دلیل مسائل زیست محیطی و قوانین مرتبط با آن ایجاد خواهد کرد.

## ۸. کاهش سرمایه گذاری در صنایع:

شرایط نامطلوب تأمین انرژی، جذابیت سرمایه گذاری در بخش صنعت را کاهش می‌دهد. سرمایه گذاران تمایلی به سرمایه گذاری در صنایعی که با خطرات تأمین برق مواجه هستند، نخواهند داشت.

اخیرا مقاله‌ای به قلم مهندس کریم نصیری مقدم، فعال حوزه انرژی، تحت عنوان «بررسی ناترازی انرژی، تأثیرات آن در صنعت و راهکارهای رفع موضوع در ایران» در بیستمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع مورد پذیرش نهایی قرار گرفته است. مصاحبه‌ای به شرح ذیل با ایشان انجام شده است:



## مصاحبه‌ای با «مهندس کریم نصیری مقدم»

عضو کمیسیون انرژی سازمان نظام مهندسی استان زنجان

EESS

### انرژی در سطح کشور وجود دارد؟

در صورت تأمین منابع مالی و با مصرف زمان، احداث نیروگاه‌های جدید در نزدیکی مصارف صنعتی و... وجود دارد.

### ۴- چرا استان زنجان بر خلاف استان همجوار (همدان) از انرژی خورشیدی استفاده نمی‌کند؟

استان زنجان نیز با توجه به ظرفیت شرکت‌های پیمانکاری در خصوص تأمین اقلام نیروگاه‌های خورشیدی و احداث آن از انرژی استفاده می‌نماید، ولی این ظرفیت در استان‌های مختلف متفاوت می‌باشد. ۵- چرا شرکت‌های برق منطقه‌ای همانند شهرداری‌ها، نقشه راهی برای احداث مراکز توزیع خود ارائه نمی‌دهد؟

با اصلاح صورت سوال، پاسخ این سوال را می‌توان این گونه مطرح کرد که شرکت شهرک‌های صنعتی، بانی موضوع می‌باشد. پس از جمع‌بندی متقاضیان احداث واحدهای صنعتی نسبت به ایجاد زیرساخت، از جمله زمین، خیابان، آب، مخابرات و سایر خدمات از جمله برق، به مقدار مورد نیاز در کنار شهرک‌های صنعتی اقدام می‌گردد.

### ۶- آیا بهره‌گیری از انرژی هسته‌ای می‌تواند بخشی از مشکل ناترازی برق ایران را حل کند؟ موانع آن چیست؟

این موضوع در برنامه‌ریزی بلندمدت می‌تواند با توجه به پروسه احداث نیروگاه و تکنولوژی در دسترس زمان بر باشد؛ لذا پس از تکمیل می‌تواند

### ۱- علل ناترازی‌های برق کشور در این چند ساله چیست؟

به علت عدم سرمایه گذاری در توسعه نیروگاه‌های کشور، پایین بودن راندمان نیروگاه‌ها، بالا بودن مصرف مشترکین برق به علت عدم استفاده از لوازم کم مصرف، ارزان بودن انرژی و دستوری بودن قیمت آن، بهره‌وری مشترکین برق کاهش، و از طرفی مصرف برق در ایران افزایش یافته است.

### ۲- راه حل‌های موجود برای رفع مشکل ناترازی‌های برق کشور چه می‌باشند؟

با توجه به اینکه موضوع ناترازی در ابتدا به صورت مشکل نمایانگر شده سپس به بحران تبدیل گشته است، می‌بایست در برنامه‌ریزی کوتاه مدت و بلند مدت موضوع بررسی گردد که به شرح ذیل قابل عنوان می‌باشد:

کوتاه مدت: احداث نیروگاه‌های تجدید پذیر- تعدیل بار مصرفی مشترکین برق- مدیریت مصرف مشترکین- ایجاد معاونت انرژی در استان‌ها.

بلند مدت: افزایش بهره‌وری مشترکین پر مصرف انرژی برق- تعریف مصرف کنندگان صنعتی در استان‌های مختلف به تناسب پتانسیل‌های منطقه- افزایش راندمان نیروگاه‌های موجود فسیلی- توسعه نیروگاه‌های فسیلی- تلفیق برخی وزارتخانه‌ها از جمله امور انرژی وزارت نیرو با وزارت نفت.

### ۳- آیا امکان احداث نیروگاه‌های جدید برای افزایش بهره‌وری و جلوگیری از اتلاف

پاسخگوی ناترازی گردد. از جمله موانع فنی و اجرایی، می‌توان به بحث تحریم‌ها، بالا بودن هزینه‌ها و و زمان بر بودن احداث نیروگاه‌ها اشاره کرد.

## ۷- آیا واردات برق از کشورهای همسایه می‌تواند راه حلی پایدار برای حل این مشکل باشد؟

راه‌حلی پایدار نمی‌تواند باشد. به جهت اینکه کالای انرژی، کالایی استراتژیک بوده و در صورت هر گونه چالش سیاسی می‌تواند ناپایدار شود.

## ۸- آیا واقعی سازی قیمت برق (حذف یارانه‌ها) می‌تواند ناترازی را کاهش دهد یا منجر به مشکلات اجتماعی و اقتصادی خواهد شد؟

حذف یارانه‌ها به صورت مستقیم نمی‌تواند منجر به رفع ناترازی گردد، زیرا که محدودیت‌های تحریم و تکنولوژی منجر به عدم استفاده مشترکین برق از تجهیزات کم مصرف گردیده است. نگارنده: غزل نصیری مقدم

### مصاحبه‌ای با «مهندس ابراهیم علی آبادی»

معاون برنامه‌ریزی و تحقیقات و عضو هیئت مدیره شرکت برق منطقه‌ای استان زنجان



#### ۱- ضمن معرفی خود، ماموریتها و اهداف سازمان مورد نظر را تبیین کنید.

بنده ابراهیم علی آبادی هستم، معاون برنامه ریزی و تحقیقات شرکت برق منطقه‌ای استان زنجان و عضو اصلی هیئت مدیره شرکت. بالغ بر ۳۲ سال سابقه خدمت در صنعت برق در شرکت برق منطقه‌ای زنجان دارم. این شرکت، یکی از شرکت‌های شانزده‌گانه برق منطقه‌ای در سطح کشور است. ما جزء شرکت‌های دو استانی هستیم؛ استان‌های زنجان و قزوین. شبکه انتقال و فوق توزیع تحت مدیریت شرکت برق منطقه‌ای است. شرکت‌های برق منطقه‌ای در چرخه تأمین و توزیع، در حقیقت واسطه بین مراکز تولیدی و مبادی مصرف هستند. برقی که در نیروگاه‌ها تولید می‌شود، از طریق خطوط انتقال به پست‌های انتقال و فوق توزیع منتقل می‌شود و از آنجا به شرکت‌های توزیع تحویل داده می‌شود. بنابراین، آنچه که رسالت برق منطقه‌ای یا رسالت ما است، تحویل انرژی از شرکت‌های تولید و تحویل آن به شرکت‌های توزیع. در این فاصله ما مشترکین اختصاصی هم داریم. ۱۸ مشترک اختصاصی در سطح استان‌های زنجان و قزوین با دیماندی بالغ بر ۵۰۰ مگاوات را داریم و بیشتر از این را هم اعلام شرایط کردیم که در مرحله متقاضی هستند، فعلاً به مرحله مشترک نرسیده‌اند و در حال پیگیری هستیم. در حقیقت مصرف همزمان ۱۸ مشترک چیزی حدود ۲۷۰ مگاوات هست. بزرگترین مشترکین ما از صنایع فولادی، سیمانی و کاغذی هستند و افتخار خدمت رسانی به این عزیزان را داریم.

#### ۲- شما به عنوان یکی از مدیران ارشد فعال در صنعت برق ناترازی را چگونه تعریف می‌کنید؟

ناترازی برق چند سالی هست که به ادبیات صنعت برق اضافه شده است. در حقیقت ناترازی، کسری بین مقدار تولید شده و مقدار مورد نیاز می‌باشد. ما تا سال ۹۶ میزان تولیدمان با میزان مصرف‌مان یا برابری می‌کرد یا بیشتر از آن بود؛ ما مقوله‌ای به اسم ناترازی نداشتیم. منتها از سال ۹۶ این موضوع تقریباً شروع شده است؛ از مقادیر بسیار کمتری در حد ۳-۴ درصد، الان به چیزی حدود ۱۷-۱۸ درصد رسیده است. گاهی در بعضی

ساعات و اوقات به ۲۰ درصد می‌رسد و همین اختلاف بین تولید و مقدار مورد نیاز، اصطلاح ناترازی را به خودش اختصاص داده است.

### ۳- آیا ناترازی تنها متاثر از ظرفیت تولید انرژی الکتریکی می‌باشد؟ سایر ارگان‌ها و دستگاه‌های دخیل چه نقشی دارند؟

ناترازی چند سال قبل، عمدتاً در فصل تابستان، آن هم بیشتر به دلیل بارهای سرمایشی که مشترکین با توجه به شرایط محیطی استفاده می‌کردند بود. منتها حدود ۲-۳ سالی هست که زمستان‌ها هم ما این مشکل را داریم. در تابستان‌ها عمدتاً علت ناترازی به ظرفیت نیروگاهی منصوبه برمی‌گردد؛ ظرفیت نیروگاهی منصوبه در سطح کشور در حال حاضر حدوداً بالغ بر ۹۳۰۰۰ مگاوات است، و قدرت عملی آن حدود ۶۳۰۰۰ مگاوات می‌باشد که پاسخگوی میزان مصرفی نیست. این مشکل در تابستان بیشتر به دلیل کمبود ظرفیت نیروگاهی و عدم توسعه نیروگاه‌ها می‌باشد.

منتها در زمستان ما به لحاظ ظرفیت نیروگاهی مشکلی نداریم؛ و شبکه مشکلی ندارد. بار مورد نیاز در ساعات مختلف حدوداً از ۴۵۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ مگاوات هست که با احتساب نیروگاه‌هایی که برای اورهال از مدار خارج می‌شوند تا برای پیک تابستان آماده شوند من فکر می‌کنم حداقل ۴-۵ هزار مگاواتی مازاد بر نیاز ظرفیت نیروگاهی وجود دارد. منتها به دلیل محدودیتی که در سوخت نیروگاه‌ها، اعم از گاز یا سوخت مایع در فصل زمستان هست، با توجه به اینکه میزان مصرف گاز به ویژه توسط مشترکین خانگی و سایر مشترکین تجاری و اداری و ... افزایش پیدا می‌کند، میزان سوخت تخصیصی نیروگاه‌ها کاهش می‌یابد و همین موضوع باعث ناترازی تولید و مصرف و اعمال مدیریت مصرف در فصل زمستان هم

می‌شود.

### ۴- چه برنامه ریزی‌های کوتاه و بلند مدتی برای مدیریت و رفع ناترازی در صنعت برق در حال اجرا می‌باشد؟ آیا اساساً رفع ناترازی در کوتاه مدت با امکانات و شرایط موجود ممکن است؟

یکی از بحث‌های اساسی که الان در سطح وزارت نیرو از ۳-۴ سال پیش به ویژه از ابتدای دولت ۱۳ام پیگیری شد، بحث نیروگاه‌های تجدیدپذیر به ویژه نیروگاه‌های خورشیدی بوده است. مناقصات متعددی از محل ماده ۱۲ قانون مانع زدائی صنعت برق برگزار شد و از محل ماده ۱۶ قانون جهش بنیان اقداماتی انجام شد؛ سرمایه‌گذارانی مشخص شدند و قراردادهای تضمینی ۶,۹ و ۷,۲ سنت برای هر کیلووات ساعت انرژی منعقد شده است و ساتباً به عنوان متولی نیروگاه‌های خورشیدی سیاست‌گذاری و صدور مجوزات آن را پیگیری می‌کند تا به قرار داد برساند؛ منتها آهنگ ایجاد نیروگاه‌های خورشیدی، با آنچه که نیاز مصرف است کند هست. ما شاید فاصله معنی داری را بین منابع تولید و میزان مصرف داریم و خواهیم داشت؛ اما امیدواریم که با مجموع تصمیماتی که در دولت گرفته می‌شود، الویت کشور برای رفع ناترازی نیروگاه‌های خورشیدی باشد و اگر این سرعت بگیرد و به نتیجه برسد و ناترازی و کسری که بین میزان تولید و میزان مورد نیاز مصرف هست به حداقل برسد. امیدواریم روزی برسد که این عدد به صفر برسد؛ منتها ما در برق منطقه‌ای عمدتاً تسهیل‌گر این حوزه هستیم، سیاست‌گذار یا برنامه‌ریز این حوزه نیستیم و درمورد اینکه واقعاً کشور در چه سالی خواهد توانست مقدار این ناترازی را صفر ببیند، من اطلاعات دقیقی را ندارم.

### ۵- حضور و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در

## صنعت برق را تا چه میزان در کمک به رفع ناترازی مؤثر می‌دانید؟ آیا بخش خصوصی انگیزه‌ای برای حضور در این امر دارد؟

واقعیت این هست نه تنها در این حوزه، بلکه در تمامی حوزه‌ها برای اینکه در واقع کشور بتواند خودش را از ناترازی‌هایی که هست نجات بدهد، باید بخش خصوصی را به بازی بگیرد. درواقع منابع دولت محدود است، اصطکاک در سطح سازمان‌های دولتی بالا است. منتها بخش خصوصی چابک‌تر است، بخش خصوصی به راحتی می‌تواند پروژه‌های بزرگی را انجام دهد. بایستی موانعی که در سر راه سرمایه‌گذاران بخش خصوصی هستند برداشته شود و تسهیل‌گری‌های لازم انجام بگیرد. گرچه در این ۲-۳ سال اخیر قدم‌های خوبی برداشته شده است، بحث تخصیص زمین، بحث مطالعات زیست محیطی و سایر مجوزها حرکت‌هایی انجام شده است؛ این اقدامات لازم بوده ولی کافی نیست. درحقیقت بایستی موضوع با سرعت و شدت بیشتری پیگیری شود؛ در خصوص جواب این سوال که آیا اساسا با شرایط موجود، رفع ناترازی ممکن هست یا نه، من برداشتم این هست که در کوتاه مدت، با توجه به اینکه فاصله بین میزان تولید و حداکثر میزان مورد نیاز زیاد شده است، به نظر می‌رسد یک‌مقدار زمان برخواهد بود. منتها آنچه که در حال حاضر می‌تواند به بهبود این ناترازی در کوتاه مدت کمک کند، در بخش تولید بحث ارتقاء راندمان نیروگاههای موجود و تکمیل بخش سیکل ترکیبی نیروگاهها و در بخش تقاضا مدیریت مصرف هست. همان طور که مستحضری شبکه‌های قدرت از ۳ جزء تشکیل شده‌اند: تولید، انتقال و توزیع. شما اگر جستجو کنید در مرورگرها متوجه می‌شوید چند سالی هست که در سطح دنیا مقالات متعددی مبنی بر این که امروزه مدیریت

مصرف هم به عنوان یک شاخه به این ۳ جزء اضافه شده، و در حقیقت یکی از بحث‌های اساسی است. اصطلاحا نیروگاه‌های مجازی یا virtual plant که نام برده می‌شوند، همین مدیریت مصرف نوعی تواند در مبحث‌ها هستند که می‌از این نیروگاه کاهش ناترازی و کاهش اعمال خاموشی طبق برنامه در صنعت برق مؤثر و کمک کننده باشد.

**۶- چه آثار اقتصادی، اجتماعی، امنیتی و تئوری را ناشی از کمبود برق متصور هستید؟**

باز اگر شما جستجو کنید و مقالات نوشته شده در کشورهای مختلف را مطالعه کنید، من در ایران ندیدم که مطالعه جامعی صورت گرفته باشد، گاهی میبینیم که درحوزه‌های مختلف هزینه ناشی از قطع برق تقریبا بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ برابر هزینه برق تمام شده است که به مشترک تحویل داده می‌شود. بخش‌هایی از مقاله‌ای را که دوستان برای من فرستاده بودند نگاه می‌کردم، بخش حمل و نقل و بخش مسکونی بیشترین ضرر را از این ناحیه درحقیقت متحمل می‌شوند. آنجایی که فرضا می‌گویم ۱۰۰ تا ۲۰۰ برابر هزینه هست، آن ۲۰۰ برای این ۲ بخش بوده است. اگر که شما به صنعت برگردید بیشتر در صنعت، صنایع شیشه سازی، صنایع کاغذی و صنایع ریسندگی و ... بیشتر از سایر صنایع متاثر می‌شوند. شما همین نتیجه مدیریت مصرف را در سرچهارراه‌ها با خاموش شدن چراغ‌های راهنمایی می‌بینید و آنجا واقعا خودش را به صورت عیان نشان می‌دهد. بنابراین برق به عنوان زیرساخت‌های مختلف یکی از ضروریات هست و بایستی تأمین بشود.

**۷- در حال حاضر چند درصد از تقاضای مصرف پیک تابستان در حوزه ماموریت شرکت برق منطقه‌ای زنجان تأمین شده و ناترازی موجود چه میزان می‌باشد؟**

بگیرد. چیزی که ما می‌بینیم خانوارها برای هزینه موبایلشان یا هزینه اینترنت حاضر اند حتی شاید چندین برابر هزینه برقشان، هزینه پرداخت کنند... ولی اگر می‌خواهیم که این کار انجام بگیرد باید تدریجی با اصلاح تدریجی الگوی مصرف و با ملاحظه کف جامعه و احاد جامعه باشد تا مشکلات دیگری را ایجاد نکند.

## ۹- برای فرهنگسازی در زمینه مصرف چه جایگاهی در زمینه کنترل مصرف و کاهش ناترازی متصور هستید؟

بحث مدیریت مصرف و فرهنگسازی یکی از محورهای مورد عمل می‌باشد که در کشور، در سطح شرکت‌های برق منطقه‌ای، به ویژه شرکت‌های توزیع، باید انجام بگیرد؛ نیاز به این کار از زمانی که قطعی برق و خاموشی‌های طبق برنامه برای ناترازی اعمال شد احساس می‌شود، که یک مقدار مردم مشکل را درک کرده‌اند و مشکل برای عموم مردم تا حدودی مشخص شده است. منتها بحثی که اینجا وجود دارد فرهنگ سازی به تنهایی گرچه مؤثر است ولی کافی نیست. بایستی منابع تولید متناسب با آن نیازی که هست در نظر گرفته بشود. یکی از مشکلات اساسی که ما با آن مواجهیم بحث سطح انرژی تجهیزات و دستگاههایی است که در صنایع استفاده می‌شوند. چه در صنعت چه در کشاورزی و چه در خانگی و ...، گاهی مصرف‌کنندگان برای اینکه سرمایه گذاری اولیه کمی را داشته باشند، تجهیزاتی را با مصرف انرژی بالاتر وارد می‌کنند و همین امر باعث می‌شود که میزان بهره‌وری که به طور کلی حساب می‌کنیم و در نظر می‌گیریم، کمتر از مقداری باشد که مورد انتظارمان هست. اگرچه قوانین و مقرراتی در سال‌های گذشته تصویب شده، سازمان استاندارد متولی این موضوع هست که بازدیدهایی را

در تابستانی که پشت سرگذراندیم بین میزان حداکثر مورد نیاز مصرف و میزان توان، فاصله‌ای که داشتیم چیزی حدود ۹۰۰ مگاوات در سطح شرکت برق منطقه‌ای زنجان بود. اگر اشتباه نکنم میزان پیک شبکه تحت مدیریت حدود ۲۲۵۰ مگاوات بود و آنچه که تأمین شد حدود ۱۳۵۰ مگاوات بود. در شرایطی که این عدد در پیک تابستان ۱۳۹۶، حدود ۴۶ مگاوات بوده. یعنی این فاصله رفته رفته زیاد شده است و متأسفانه یک مقدار کار را سخت کرده است.

## ۸- آیا واقعی سازی قیمت انرژی الکتریکی (حذف یارانه‌ها) می‌تواند ناترازی را کاهش دهد یا منجر به مشکلات اجتماعی و اقتصادی خواهد شد؟

ببینید بحث‌های اقتصادی تک متغیره نیستند، اینها چند متغیره هستند. آنچه که الان خانوارها به عنوان هزینه برق می‌پردازند عدد بسیار اندکی است؛ سیاست‌های تشویقی هم که در راستای مدیریت مصرف وجود دارد هم مزید علت شده که اصلاً برق شاید به نوعی مفت است. ولی خب از طرفی هم مردم مسائل دیگری را دارند. بحث درآمدها هست که اگر بخواهیم فربا بخشی نگاه کنیم این درحد من نیست واقعیتش اظهار نظر کنم. ولی آنچه که مسلم است و حالا در این چند سال اخیر هم حرکت‌هایی در سطح کشور انجام شده، قانون مانع‌زدایی از صنعت برق می‌باشد. که به تصویب مجلس رسیده و در حقیقت به وزارت نیرو و شرکت‌های برق منطقه‌ای ابلاغ شده است که یک مقدار کمک کننده بوده است. گرچه لازم هست اما باز کافی نیست و در حوزه خانوارها هم یک مقدار بالاخره آن ظرافت‌های خاص خودش را می‌خواهد. ولی من اعتقاد این است که بایستی یک تجدید نظری در این حوزه هم انجام

داشته باشد، اندازه‌گیری‌هایی داشته باشد. اگر از آن حدی که استاندارد تعریف شده تجاوز کند، بایستی گزارش کند و مطابق توالی و رویه‌هایی که ابلاغ شده مشترکین جریمه بشوند؛ منتها من اعتقاد دارم جریمه راه حل مشکل نیست. بایستی همان ابتدا به ساکن تجهیزات و دستگاه‌هایی که وارد می‌شوند یا تولید می‌شوند کنترل‌های لازم انجام بگیرد تا اینکه ما بتوانیم از انرژی برق حداکثر استفاده را داشته باشیم و به حل بحث کاهش ناترازی انرژی هم از این طریق بتوانیم کمک کنیم.

### ۱۰- آینده صنعت برق ایران را در ۱۰ سال آینده چگونه می‌توان پیش‌بینی کرد و چه اقدامات فوری برای جلوگیری از تشدید بحران باید انجام شود؟

همین امسال فرضاً حداکثر بار مورد نیاز شبکه سراسری حدود ۸۰ هزار مگاوات بوده است. اگر شما در سال به طور متوسط ۵٪ افزایش مصرف را در نظر بگیرید، ببینید ۱۰ سال آینده چه خواهد بود. الان هم حدود بین ۲۰ تا ۲۵ هزار مگاوات در روزها و ساعات مختلف تابستان کسری وجود دارد؛ بنابراین اگر منابع تولید نیروگاه‌ها اعم از نیروگاه‌های خورشیدی، به اندازه کافی توسعه پیدا نکنند این فاصله بین حداکثر میزان مورد نیاز و حداکثر میزان قابل تأمین زیاد خواهد شد. بنابراین لازم است تا اقدامات جدی و اساسی صورت بگیرد. خوشبختانه صنعت برق بحث شبکه ۷۶۵ کیلوولت را که حدود ۲۰ سال پیش در دانشگاه تربیت مدرس توسط آقای دکتر سیفی و تیم شان مطالعاتش را انجام داده است، آن را مجدداً احیا کرده و کارگروه‌هایی در سطح توانیر تشکیل شده است و موضوعات را پیگیری می‌کنند. اگر دولت با کمک بخش خصوصی بتواند یک چنین ابرپروژه‌ای را در یک برنامه ۳-۴ ساله به نتیجه برساند، در حقیقت

می‌شود امیدوار بود که فاصله بین تولید و میزان مورد نیاز برای مصرف به حداقل مقدار خودش یا شاید هم به صفر برسد.

### در پایان اگر توصیه‌ای به مخاطبین نشریه انجمن برق دانشگاه زنجان دارید بفرمائید

الان بحث ناترازی مقداری فعالیت‌های صنعت برق را، که یکی از صنایع‌های زیربنایی کشور است تحت شعاع قرار داده است. به لحاظ عملکردی تقریباً شبکه برق ایران با شبکه آمریکا شمالی (NERC) برابری می‌کند و در برخی از شاخص‌ها جلوتر از آن‌ها هم هستند. شما گزارشات شرکت مدیریت شبکه برق ایران را اگر در سال‌های مختلف مطالعه بفرمایید دقیقاً به این موردی که بنده عرض کردم می‌رسید. آنچه که الان در صنعت برق در حقیقت پاشنه آشیل شده است، بحث محدودیت نیروگاه‌ها و عدم توسعه نیروگاه‌ها می‌باشد. امیدواریم که هم دولت و هم بخش خصوصی، دست به دست هم دهند و توسعه نیروگاه‌ها را با شدت بیشتری در کشور پیگیری کنند. آنچه که از مردم و مخاطبین در کوتاه مدت انتظار می‌رود، بحث مدیریت مصرف می‌باشد. می‌دانیم که شاید عادات‌هایی را داشتیم، فرضاً کولر را از صبح روشن می‌کردیم تا آخر شب، یا از خانه که درمی‌آمدیم روشن می‌گذاشتیم تا برگردیم. من خواهم این هست که به ویژه در فصل تابستان این مراعات را عزیزان داشته باشند. بالاخره ۱-۲ درجه چه سرما، چه گرما قابل تحمل است ولی هر درجه افزایش دما، برابر آمارهایی که هست بین ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ مگاوات به شبکه بار اضافه می‌کند. همین قطره قطره‌ها، اندک اندک‌ها در کوتاه مدت می‌تواند صنعت برق را در حفظ پایداری شبکه یاری کند. در کنار اینکه رسالت ما تأمین برق مشترکین

هست، ماموریت اساسی ما حفظ پایداری شبکه می‌باشد و در حقیقت خط قرمز و یا انجایی هست که دیگر هیچ تعارفی با هیچ کسی نیست. امنیت شبکه و پایداری شبکه یکی از بحث‌های اساسی است که بایستی آن را حتما داشته باشیم. اگر خدای نکرده شبکه به سمت ناپایداری و فروپاشی برود به این سادگی‌ها جمع نمی‌شود. انتظار داریم، دست اندرکاران و مخاطبین نشریه انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه زنجان که با موضوع سروکار دارند، زحمت بکشند به عنوان سفیران برق بحث مدیریت مصرف و بحث استفاده صحیح از انرژی برق را به احاد جامعه منتقل کنند تا انشاءالله صنعت برق بتواند همانند سال‌های قبل پیک سال آتی را با سرفرازی پشت سر بگذارد. گرچه بایستی خدمات ما خیلی بهتر از این می‌شد، منتها با مجموعه محدودیت‌هایی که وجود دارند اگر که مشترکین عزیز همراهی کنند، انشاءالله صنعت برق با سرفرازی این را هم پشت سر می‌گذارد و با توسعه نیروگاه‌های خورشیدی و همچنین نیروگاه‌های فسیلی و زیرساخت‌های مرتبط با مواد سوختی، بتوانیم در سال‌های آتی خدمت گذار خوبی برای مردم عزیزمان باشیم.

نگارنده: آناهیتا گنج‌خانلو و غزل نصیری‌مقدم





## استراتژی‌های موفقیت در کنکور ارشد

مهدی حلیمی - غزل نصیری مقدم

### کنکور کارشناسی ارشد

کنکور ارشد می‌تواند یکی از مهم‌ترین مراحل تحصیلی برای دانشجویان باشد که مسیر تحصیلی و شغلی آن‌ها را هدایت کند. این دغدغه برای اکثر دانشجویان وجود دارد، که چگونه می‌توانند نتیجه مطلوبی در کنکور ارشد بگیرند و به نتیجه تلاش‌های خود در این مسیر دست یابند. در این مقاله، به بررسی نکاتی می‌پردازیم که می‌توانند مسیر موفقیت در کنکور را برای شما هموارتر سازند.

#### ۱. برنامه‌ریزی منظم

تقسیم زمان: زمان مطالعه خود را به بخش‌های کوچکتر تقسیم کنید و برنامه‌ریزی روزانه، هفتگی و ماهانه داشته باشید.

هدف‌گذاری: برای هر جلسه مطالعه هدف مشخصی تعیین کنید تا بهترین بهره‌وری را داشته باشید.

#### ۲. استفاده از منابع متنوع

کتاب‌ها و مقالات: منابع معتبر را مطالعه کنید و به روز رسانی‌های علمی را دنبال کنید.

دوره‌های آنلاین: در صورت نیاز از دوره‌های آموزشی آنلاین استفاده کنید تا مفاهیم پیچیده را بهتر درک کنید.

#### ۳. مرور و تکرار مطالب

قطعا برای این که دروس خوانده شده تا زمان کنکور در خاطرتان بماند نیاز به مرور آن‌ها دارید. بنابراین بهتر است در برنامه ریزی خود زمان‌هایی را برای مرور مطالب قبلی قرار دهید. برای جمع بندی و مرور مباحث مطالعه شده در هر هفته، جمعه‌ها بهترین زمان است. همچنین خوب است در پایان هر ماه نیز زمانی را به مرور و دوره دروس مطالعه شده اختصاص دهید. در این مرحله خلاصه نویسی‌هایی که داشته اید بسیار کمکتان

خواهد کرد.

در پایان هر هفته و هر ماه از مطالبی که مطالعه کرده اید از خودتان آزمون تستی بگیرید. پس از پایان هر آزمون پاسخ‌های خود را بررسی نمایید و نکات جدید هر سوال را یادداشت نمایید. این کار علاوه بر مرور نکاتی که می‌دانستید باعث یادگیری نکات جدید نیز می‌شود. بهتر است در حل تست‌هایی که به عنوان مرور حل می‌کنید زمان را هم در نظر داشته باشید.

#### ۴. استفاده از تکنیک‌های تقویت حافظه

فلش کارت‌ها: از فلش کارت‌ها برای مرور مفاهیم کلیدی استفاده کنید.

مرور مکرر: مطالب را به طور منظم مرور کنید تا در حافظه بلندمدت شما ثبت شوند.

#### ۵. استراحت‌های کوتاه مدت و مؤثر

روش پومودورو: تقسیم زمان مطالعه به بازه‌های ۲۵ تا ۵۰ دقیقه‌ای، همراه با استراحت‌های کوتاه ۵ تا ۱۰ دقیقه‌ای، موجب افزایش تمرکز و کاهش خستگی ذهنی می‌شود. پس از چهار دوره مطالعه، استراحتی طولانی‌تر (۲۰ تا ۳۰ دقیقه) توصیه می‌شود.

حرکات کششی و تمرینات تنفسی: پس از هر ساعت مطالعه، اندکی راه رفتن، انجام حرکات کششی ملایم و تمرینات تنفسی عمیق، موجب کاهش تنش و بهبود عملکرد ذهن خواهد شد.

پیاده‌روی سبک: چند دقیقه قدم زدن در فضای باز، ضمن افزایش گردش خون، موجب تجدید انرژی و ارتقای تمرکز خواهد شد.

گفت‌وگو با دوستان و خانواده: تعاملات اجتماعی کوتاه مدت می‌تواند روحیه فرد را تقویت کرده و احساس خستگی را کاهش دهد.

#### ۶. خواب کافی و باکیفیت

خواب، یکی از ارکان اساسی یادگیری و تثبیت مطالب

در حافظه بلندمدت است. تحقیقات نشان داده‌اند که ۷ تا ۸ ساعت خواب شبانه‌روزی منظم، تأثیر بسزایی در تمرکز، پردازش اطلاعات و عملکرد شناختی دارد.

- خواب عمیق و REM (حرکت سریع چشم) در شب، موجب تثبیت مفاهیم آموخته شده در مغز می‌شود.

- کم‌خوابی می‌تواند منجر به کاهش توانایی حل مسئله، افزایش اضطراب و کاهش میزان یادگیری شود.

- خواب نیم‌روزی کوتاه (۱۵ تا ۳۰ دقیقه) در میانه روز می‌تواند انرژی ذهنی را تجدید و خستگی را کاهش دهد.

برای بهبود کیفیت خواب:

هر شب در ساعتی مشخص بخوابید و بیدار شوید.

۲ ساعت قبل از خواب از گوشی و لپ‌تاپ استفاده نکنید.

از مصرف کافئین (چای و قهوه) در ساعات پایانی روز پرهیز کنید.

محیط خواب را آرام و تاریک نگه دارید.

#### ۷. به دنبال ارتباط مطالب با هم باشیم

مطالب داخل یک کتاب، مثل انسان‌های درون یک سالن هستند که باید به آن سالن وارد شویم، با تک تک آن‌ها بحث و صحبت کنیم تا آن‌ها را بشناسیم؛ سپس از انتهای سالن خارج و مجدداً در دور دوم وارد شویم و دنبال این باشیم که کدام یک از آن‌ها به دیگری ربط دارد.

به دنبال پیدا کردن ارتباط‌های پنهان بین دروسی باشیم که در ابتدا فکر می‌کردیم به هم ربط ندارند.

\* به دنبال پیدا کردن یک اسکلت مرکزی برای تمای مطالب باشیم.

#### ۸. مطالعه متنوع داشته باشیم

برای این کار، بایستی در هر هفته و حتی در هر روز

به چند کتاب سر بزنیم تا تنوع رعایت شود.

اگر یک کتاب را شروع کنیم و بخواهیم آن را تمام کنیم و سپس به سراغ کتاب دیگر برویم نتایج خوبی نخواهیم گرفت.

### حال چگونه متنوع مطالعه کنیم تا بهتر نتیجه بگیریم؟

دسته بندی سرفصل‌های دفترچه کنکور: سرفصل‌های دفترچه کنکور را بررسی می‌کنیم، سپس آن‌هایی که به هم نزدیک هستند را در کنار هم می‌چینیم و یک گروه تشکیل می‌دهیم.

به عنوان مثال، دروس حفظی را می‌توانیم در یک گروه و دروس تفهیمی را در گروه دیگر قرار دهیم. و یا به طور کلی، دروسی که مطالب آن‌ها به یکدیگر نزدیک هستند را در یک گروه قرار دهیم.

دروسی که در یک گروه قرار می‌گیرند و به هم نزدیک تر هستند را با فاصله کمتری از هم مطالعه کنیم.

### ۹. تست زنی مناسب

تست‌زنی اصولی در دوران مطالعه برای کنکور، نقش مهمی در تثبیت مطالب، مدیریت زمان و شبیه‌سازی شرایط آزمون دارد. ابتدا پس از مطالعه هر مبحث، تست‌های آموزشی را بدون در نظر گرفتن زمان حل کنید تا مفاهیم را عمیق‌تر درک کنید. سپس، با تست‌های زمان‌دار و جامع، مهارت مدیریت زمان و دقت را تقویت نمایید. تحلیل تست‌های غلط و بررسی پاسخ‌های صحیح، یکی از مهم‌ترین مراحل یادگیری است که به شناسایی نقاط ضعف و بهبود عملکرد کمک می‌کند. همچنین، در ماه‌های پایانی، آزمون‌های شبیه‌سازی‌شده با شرایط واقعی کنکور، موجب افزایش آمادگی ذهنی و کاهش استرس روز آزمون خواهد شد.

### ۱۰. مطالعه سه مرحله ای

مطالعه سه‌مرحله‌ای یکی از مؤثرترین روش‌ها برای یادگیری عمیق و تثبیت مطالب در دوران مطالعه برای کنکور است. این روش شامل سه گام اصلی است:

مطالعه اولیه (آشنایی و درک مفاهیم): در این مرحله، ابتدا با روخوانی و مطالعه مفهومی درس، سعی کنید کلیات مطلب را درک کنید. می‌توانید از جزوه، کتاب درسی یا ویدئوهای آموزشی کمک بگیرید و نکات کلیدی را یادداشت کنید.

مرور و تثبیت (افزایش تسلط): پس از مطالعه اولیه، با تست‌زنی آموزشی و خلاصه‌نویسی، مفاهیم را عمیق‌تر کنید. تست‌های مرتبط را بدون در نظر گرفتن زمان حل کنید و پاسخ‌های خود را تحلیل کنید تا اشکالات را برطرف کنید.

جمع‌بندی و تمرین (تقویت مهارت پاسخ‌گویی): در این مرحله، باید تست‌زنی زمان‌دار و آزمون‌های شبیه‌سازی‌شده را انجام دهید تا علاوه بر مرور، سرعت و دقت خود را افزایش دهید. همچنین، نقاط ضعف را شناسایی کرده و در فرصت باقی‌مانده روی آن‌ها کار کنید.

اجرای صحیح این روش، موجب افزایش تسلط بر مباحث، کاهش فراموشی و ارتقای عملکرد در آزمون خواهد شد.

### ۱۱. کنترل شرایط اطراف و حاشیه‌ها

در دوران مطالعه برای کنکور، کنترل شرایط اطراف و دوری از حواشی نقش مهمی در افزایش تمرکز و کاهش استرس دارد. ایجاد محیطی آرام، منظم و بدون عوامل مزاحم مانند صدای زیاد یا استفاده بیش‌ازحد از تلفن همراه، به بهبود کیفیت مطالعه کمک می‌کند. کاهش ارتباط با افراد منفی‌نگر، مدیریت استفاده از فضای مجازی و پرهیز از مقایسه خود با دیگران، از جمله راهکارهای مؤثر در حفظ تمرکز است. همچنین، برقراری تعامل صحیح با

باشد که نکات ذکر شده به شما در آماده‌سازی برای کنکور ارشد کمک و موفقیت‌تان را تضمین کند.

(۱) برنامه‌ریزی دقیق

(۲) مطالعه متنوع

(۳) دسته‌بندی سرفصل‌های دفترچه کنکور

(۴) مطالعه سه دوره‌ای

(۵) پیدا کردن ارتباط بین مطالب

(۶) تمرین و مرور

(۷) مدیریت حاشیه‌ها

(۸) مدیریت استرس

(۹) استفاده از تمام حواس

(۱۰) استراحت و تفریح

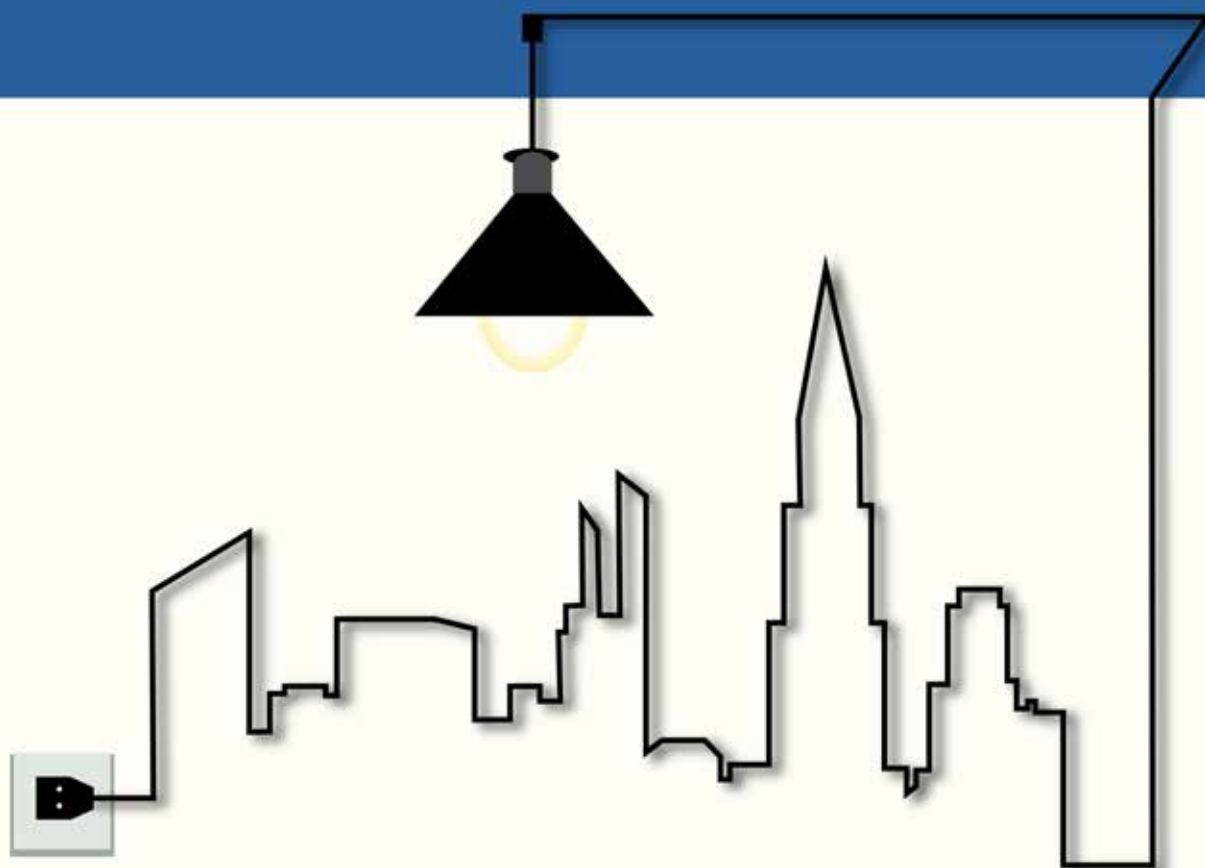
خانواده برای کاهش فشارهای غیرضروری و تعیین مرز مشخص بین استراحت و مطالعه، موجب افزایش بازدهی و آرامش ذهنی می‌شود. در این مسیر، تمرکز بر هدف اصلی و اولویت‌بندی امور، کلید موفقیت و پیشگیری از اتلاف وقت درگیر شدن با مسائل غیرضروری است.

## ۱۲. مدیریت استرس

استرس در دوران کنکور طبیعی است، اما با مدیریت صحیح، می‌توان آن را به حداقل رساند و از آن به‌عنوان نیروی برای پیشرفت استفاده کرد. برنامه‌ریزی اصولی، تمرینات ذهنی، تغذیه سالم، خواب کافی و دوری از مقایسه‌های نادرست، همگی راهکارهایی مؤثر برای کنترل استرس و افزایش بازدهی مطالعاتی هستند.

با حفظ آرامش، تمرکز و اعتمادبه‌نفس، می‌توان این مسیر را با موفقیت طی کرد.





## آینده مهندسی برق در زنجان: فرصت‌ها و چالش‌ها

علی محمدی‌یار - محمدحسین طاهری



### آینده گرایش‌های مهندسی برق در زنجان

زنجان با توجه به داشتن صنایع متنوع و موقعیت جغرافیایی استراتژیک، بستری مناسب برای توسعه گرایش‌های مختلف مهندسی برق فراهم کرده است. با توجه به پیشرفت‌های تکنولوژیکی و تغییرات در نیازهای صنعتی، بررسی عمیق‌تر هر یک از این گرایش‌ها می‌تواند تصویری واضح‌تر از آینده این رشته در استان ارائه دهد.

#### ۱. مهندسی قدرت

گرایش قدرت همچنان به‌عنوان یکی از ارکان اصلی مهندسی برق در دانشگاه زنجان باقی خواهد ماند. نیاز به افزایش ظرفیت تولید انرژی و همچنین بهره‌وری در شبکه‌های توزیع و انتقال، این حوزه را بسیار حیاتی کرده است. پروژه‌هایی مانند ارتقاء نیروگاه‌ها و توسعه شبکه‌های هوشمند برق (Smart Grids)، فرصت‌های شغلی متنوعی را برای متخصصان ایجاد خواهد کرد. همچنین، با رشد صنایع تولیدی و صنعتی، متخصصان قدرت در زمینه طراحی، نصب و بهره‌برداری از سیستم‌های برق صنعتی تقاضای بالایی خواهند داشت.

#### ۲. مهندسی کنترل و اتوماسیون صنعتی

با گسترش شهرک‌های صنعتی و کارخانه‌ها در زنجان، نیاز به سیستم‌های کنترل و اتوماسیون صنعتی به‌شدت احساس می‌شود. تکنولوژی‌هایی مانند PLC و DCS که در فرآیندهای تولید به‌کار می‌روند، برای بهره‌وری

می‌توانند در طراحی و نصب سیستم‌های خورشیدی، مدیریت پروژه‌های بادی و توسعه فناوری‌های نوآورانه نقش‌آفرینی کنند.

## نتیجه‌گیری

آینده مهندسی برق در زنجان وابسته به توسعه زیرساخت‌ها، توجه به فناوری‌های نوین و استفاده از استعدادهای داخلی است. هر کدام از گرایش‌های این رشته با توجه به نیازهای محلی و جهانی، فرصت‌های شغلی و تحقیقاتی ویژه‌ای را ارائه می‌دهند. برای بهره‌برداری کامل از این ظرفیت‌ها، لازم است که دولت و بخش خصوصی سرمایه‌گذاری‌های استراتژیکی در حوزه آموزش، تحقیق و توسعه انجام دهند.

## مهارت‌های مورد نیاز برای بازار کار برق زنجان

استخدام در بازار کار مهندسی برق در زنجان نه تنها به تحصیلات آکادمیک بلکه به مجموعه‌ای از مهارت‌های تخصصی و عمومی نیاز دارد. در ادامه هر یک از این مهارت‌ها را با جزئیات بیشتری بررسی می‌کنیم:

### ۱. مهارت‌های فنی تخصصی

#### - آشنایی با نرم‌افزارهای تخصصی:

مهندسان برق باید مهارت کافی در کار با نرم‌افزارهایی مثل MATLAB (برای شبیه‌سازی و تحلیل سیستم‌ها)، PSCAD (برای تحلیل سیستم‌های قدرت)، Altium Designer (برای طراحی بردهای الکترونیکی) و AutoCAD Electrical (برای نقشه‌کشی سیستم‌های برقی) داشته باشند.

#### - زبان‌های برنامه‌نویسی:

تسلط به زبان‌هایی مانند Java، C++، Python و همچنین آشنایی با برنامه‌نویسی میکروکنترلرها (مثل Arduino و STM32) برای پروژه‌های الکترونیکی

و کاهش هزینه‌ها بسیار مهم هستند. متخصصان کنترل می‌توانند نقش کلیدی در بهینه‌سازی فرآیندها، کاهش مصرف انرژی و افزایش دقت در تولید ایفا کنند.

### ۳. مهندسی مخابرات

حوزه مخابرات در زنجان، همسو با روند جهانی فناوری‌های پیشرفته، در حال گسترش است. افزایش دسترسی به اینترنت پرسرعت، توسعه زیرساخت‌های ارتباطی مانند (5G) و گسترش اینترنت اشیاء (IoT) فرصت‌های شغلی گسترده‌ای را در این گرایش ایجاد خواهد کرد. مهندسان مخابرات می‌توانند در پروژه‌هایی مانند طراحی شبکه‌های ارتباطی، پیاده‌سازی سیستم‌های بی‌سیم و توسعه تجهیزات پیشرفته مخابراتی فعالیت کنند.

### ۴. مهندسی الکترونیک

اگرچه فرصت‌های شغلی گرایش الکترونیک در زنجان محدودتر است، اما با تمرکز بر فناوری‌های مدرن، این حوزه می‌تواند رشد قابل‌توجهی را تجربه کند. طراحی و تولید مدارهای الکترونیکی پیشرفته، سیستم‌های تعبیه‌شده (Embedded Systems) و کاربردهای الکترونیک در صنایع نظامی و پزشکی از جمله حوزه‌های قابل توسعه در این گرایش هستند. سرمایه‌گذاری در مراکز پژوهشی و کارخانه‌های تولیدی می‌تواند بستر مناسبی برای متخصصان الکترونیک فراهم کند.

### ۵. انرژی‌های تجدیدپذیر و فناوری‌های سبز

با توجه به نیاز جهانی به کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و بادی در زنجان اهمیت پیدا کرده‌اند. اقلیم مناسب استان برای بهره‌برداری از انرژی خورشیدی، امکان توسعه پروژه‌های مرتبط با این حوزه را فراهم کرده است. مهندسان برق

و سیستم‌های تعبیه‌شده ضروری است.

#### - مدیریت سیستم‌های کنترل و اتوماسیون:

دانش کافی در زمینه PLC (کنترل‌گر منطقی برنامه‌پذیر)، DCS (سیستم‌های کنترل توزیع شده) و SCADA (نظارت و جمع‌آوری داده‌ها) برای کار در صنایع و کارخانه‌های زنجان از اهمیت بالایی برخوردار است.

#### - ابزارها و تجهیزات تخصصی:

توانایی کار با ابزارهایی مثل اسیلوسکوپ، مولتی‌متر، تستر مدارها و سایر تجهیزات الکتریکی پیشرفته از جمله مهارت‌های حیاتی است.

بطور مثال به چند فرصت شغلی که نیاز به آشنایی با نرم افزارها است می‌پردازیم:

#### شرکت توسعه راهکارهای هوشمند داتیس

شرکت توسعه راهکارهای هوشمند داتیس با هدف ارائه راهکارهای هوشمند و دانش‌بنیان برای بهبود فرآیند تولید و مدیریت کسب و کار، در سال ۹۷ تأسیس شده است. این شرکت با مجموعه‌های خودروسازی و شرکت‌های تابع همکاری کرده و راهکارهای خود را در قالب پروژه ارائه می‌دهد. همچنین، فروش بالای ۲۰,۰۰۰ قطعه و نصب بیش از ۲۰ دستگاه کوره القایی برای صنایع مختلف از جمله فعالیتهای این شرکت در سال‌های اخیر بوده است.

شرایط استخدام

• آشنایی با PLC

• تسلط به برنامه‌نویسی PLC و HMI

• آشنایی با طراحی بردهای الکترونیکی و الکترونیک

قدرت

• آشنا با منابع تغذیه سوییچینگ

• آشنا و علاقه‌مند به انجام، ساخت، مونتاژ، نصب

و راه‌اندازی دستگاه‌ها و تجهیزات صنعتی

• آشنایی کامل با انواع قطعات الکترونیکی

• توانایی طراحی مدار با نرم‌افزار Altium Designer

• توانایی گزارش‌نویسی و مستندسازی طراحی

این آگهی به PLC و HMI و Altium Designer اشاره کرده است که دانشجویان برق حتماً با آن‌ها آشنا هستند. PLC (Programmable Logic Controller) به معنی کنترل‌کننده منطقی قابل برنامه‌ریزی است و نوعی کامپیوتر خاص برای کارکردی قابل اطمینان در شرایط صنعتی طراحی شده است. این دستگاه‌ها می‌توانند فرآیندهای صنعتی را اتوماتیک کنند. HMI (Human Machine Interface) رابطی است که امکان ارتباط گرافیکی میان کاربر و تجهیزات صنعتی را فراهم می‌کند. Altium Designer نیز یک نرم‌افزار طراحی PCB است که ابزارهای متعددی را برای طراحی فراهم می‌آورد.

#### کارخانه نخ و الیاف آپادانا ابهر

بخش سیستم‌های اتوماسیون: استفاده از سیستم‌های کنترل اتوماتیک برای نظارت و مدیریت فرآیندهای تولید. این سیستم‌ها شامل سنسورها، PLC (کنترل‌کننده‌های منطقی برنامه‌پذیر) و نرم‌افزارهای مدیریت تولید هستند که به بهینه‌سازی فرآیندها کمک می‌کنند.

#### ۲. مهارت‌های طراحی و تحلیلی

- تحلیل سیستم‌های قدرت:

طراحی شبکه‌های توزیع برق، محاسبه بارها، تحلیل پایداری سیستم‌های قدرت و حفاظت شبکه از وظایف کلیدی مهندسان قدرت است.

- طراحی مدارهای الکترونیکی:

مهارت در طراحی و آزمایش مدارهای الکترونیکی به‌ویژه در پروژه‌هایی مانند سیستم‌های هوشمند یا تجهیزات صنعتی بسیار ارزشمند است.

- مهارت‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی:

توانایی شبیه‌سازی فرآیندها و سیستم‌های

برق با استفاده از نرم افزارهایی مثل Simulink یا DigSILENT امکان ارائه راه حل های بهینه و کاهش ریسک پروژه ها را فراهم می کند. فرصت های شغلی مرتبط با این موضوع:

### کارخانه نخ و الیاف آپادانا ابهر

- تحصیلات: کارشناسی یا ارشد برق و الکترونیک
- حداقل ۵ سال سابقه کار
- مهارت های تخصصی: تسلط به نگهداری و تعمیرات (نت)، EM / PM / CM دستگاه های خطوط تولید، تجهیزات تأسیساتی، تابلو برق و توانایی سرپرستی افراد زیرمجموعه
- در این آگهی با اصطلاحات جدیدی روبه رو می شویم که بهتر است کمی با آن ها آشنا شویم. نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM) به معنای نگهداری منظم و مستمر تجهیزات و دارایی ها به منظور جلوگیری از وقوع خرابی های غیرمنتظره و پرهزینه است. یک استراتژی موفق در این زمینه، مستلزم برنامه ریزی دقیق برای نگهداری از تجهیزات قبل از بروز مشکلات است. همچنین، یک برنامه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه خوب شامل حفظ سوابق بازرسی های گذشته و سرویس مداوم تجهیزات است. CM به استراتژی تعمیر و نگهداری اشاره دارد که برای تصحیح شرایط کاری عادی تجهیزات به کار می رود. در این راستا، شناسایی مشکل اصلی و تصمیم گیری در مورد تعمیر یا تعویض تجهیزات الزامی است. سیستم EM یا تعمیرات اضطراری، مجموعه ای از فرآیندها و تکنیک ها است که در مواقع خرابی ناگهانی تجهیزات برای جلوگیری از تهدیدات ایمنی، بهداشتی و تولیدی به کار می رود.

### هلدینگ کیمیا

- کارشناسی برق قدرت یا برق صنعتی
- حداقل ۲ سال سابقه کار مرتبط

- آشنایی با تابلو برق و مدارات الکترونیک
  - آشنایی با تعمیرات الکتروپمپ ها و الکتروموتورها
  - آشنایی با مباحث نگهداری و تعمیرات (نت)
- در این آگهی نیز به مباحث نگهداری و تعمیرات، تابلو برق و دیگر مهارت های اشاره شده که در فضای عملی کسب می شوند و برای موفقیت در بازار کار، تسلط بر آن ها ضروری است.

### شرکت تولیدی و صنعتی صایین بافت

شرکت تولیدی و صنعتی صایین بافت زنجان، بخش برقی و الکتریکی خود را دارد که به تولید و تأمین نیازهای برقی و اتوماسیون صنعتی در فرآیندهای تولید کمک می کند. این بخش معمولاً شامل طراحی و تولید سیستم های برقی، کنترل کننده های اتوماتیک و تجهیزات الکتریکی مورد نیاز در خطوط تولید است. از ویژگی های این بخش می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. طراحی و مهندسی: تیم فنی و مهندسی این بخش به طراحی سیستم های برقی کارآمد و مناسب برای ماشین آلات و فرآیندهای تولیدی می پردازد.
۲. اتوماسیون صنعتی: استفاده از فناوری های اتوماسیون برای افزایش بهره وری و کاهش خطاها در فرآیند تولید.
۳. نگهداری و تعمیرات: ارائه خدمات نگهداری و تعمیرات برای سیستم های برقی و الکتریکی به منظور حفظ کارایی و عملکرد بهینه تجهیزات.
۴. کیفیت و ایمنی: رعایت استانداردهای ایمنی و کیفیت در تولید و نصب تجهیزات برقی.

### کارخانه نخ و الیاف آپادانا ابهر

- قسمت برقی کارخانه نخ و الیاف آپادانا ابهر نقش مهمی در بهبود کارایی و بهره وری تولید دارد. این بخش معمولاً شامل چندین جنبه کلیدی است:
۱. سیستم های اتوماسیون: استفاده از سیستم های

**- مدیریت پروژه:**

توانایی برنامه‌ریزی، زمان‌بندی و کنترل هزینه‌ها در پروژه‌های برقی اهمیت ویژه‌ای دارد.

**- حل مسئله و تصمیم‌گیری:**

مهندسان برق باید بتوانند در مواجهه با چالش‌های پیچیده، تصمیم‌های منطقی و سریع بگیرند.

**شرکت آرمان فراز پیشرو پایدار**

- توانایی کار تیمی و همکاری با بخش‌های مختلف
- مهارت برقراری ارتباط به زبان‌های مختلف
- توانایی کار با تجهیزات تست و اندازه‌گیری دقیق
- قدرت حل مسئله و تفکر تحلیلی
- آشنایی با طراحی مدارهای الکترونیکی

در این آگهی به توانایی کار تیمی اشاره شده که در دانشگاه کمتر به آن توجه می‌شود. اما دانشجویان می‌توانند با فعالیت در انجمن‌های علمی و کانون‌های دانشجویی، علاوه بر کسب مهارت‌های کار تیمی، رزومه‌ی مطلوبی برای خود بسازند.

**۴. آشنایی با استانداردها و مقررات****- استانداردهای ملی و بین‌المللی:**

دانستن استانداردهایی مانند IEC و IEEE برای طراحی و اجرای سیستم‌های برق در پروژه‌های صنعتی و ساختمانی ضروری است.

**- ایمنی برق:**

مهارت در رعایت دستورالعمل‌های ایمنی و کاهش ریسک‌های مربوط به برق‌گرفتگی یا سایر حوادث صنعتی، از دیگر موارد مهم است.

**۵. آمادگی برای فناوری‌های نوین****- فناوری‌های تجدیدپذیر:**

مهندسان برق باید به مهارت‌هایی مانند طراحی و نصب سیستم‌های خورشیدی یا بادی و مدیریت پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر تسلط داشته باشند.

**- هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء (IoT):**

کنترل اتوماتیک برای نظارت و مدیریت فرآیندهای تولید. این سیستم‌ها شامل سنسورها، PLC (کنترل‌کننده‌های منطقی برنامه‌پذیر) و نرم‌افزارهای مدیریت تولید هستند که به بهینه‌سازی فرآیندها کمک می‌کنند.

۲. تأمین انرژی: طراحی و اجرای سیستم‌های تأمین انرژی مطمئن برای ماشین‌آلات و تجهیزات برقی کارخانه، شامل نصب ترانسفورماتورها، ژنراتورها و سیستم‌های توزیع برق.

۳. نگهداری و تعمیرات: ارائه خدمات نگهداری و تعمیرات برای تجهیزات الکتریکی به منظور افزایش عمر مفید و کارایی آن‌ها.

۴. سیستم‌های روشنایی: طراحی و نصب سیستم‌های روشنایی مناسب در کارخانه که علاوه بر تأمین نور کافی، به صرفه‌جویی در مصرف انرژی نیز کمک کند.

۵. ایمنی الکتریکی: رعایت استانداردهای ایمنی در طراحی و نصب سیستم‌های برقی، شامل استفاده از تجهیزات ایمنی و سیستم‌های حفاظت در برابر بار اضافی و کوتاهی مدار.

۶. آموزش و پرورش: آموزش کارکنان در زمینه استفاده از تجهیزات برقی و آشنایی با اصول ایمنی و نگهداری.

۷. مهارت‌های تخصصی: تسلط به نگهداری و تعمیرات (نت)، EM / PM / CM دستگاه‌های خطوط تولید، تجهیزات تأسیساتی، تابلو برق و توانایی سرپرستی افراد زیرمجموعه

**۳. مهارت‌های نرم (Soft Skills)****- ارتباطات مؤثر:**

مهندسان برق در زنجار باید بتوانند به‌صورت حرفه‌ای با تیم‌های مختلف از جمله مدیران پروژه، مشتریان و همکاران فنی، ارتباط برقرار کنند.

آشنایی با کاربردهای هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء در بهینه‌سازی سیستم‌های برق و اتوماسیون صنعتی، نیاز بازار کار زنجان در سال‌های آتی خواهد بود.

## نتیجه‌گیری

توسعه و تقویت مهارت‌های ذکر شده می‌تواند به مهندسان برق کمک کند تا نه تنها در فرصت‌های شغلی موجود در زنجان موفق باشند، بلکه بتوانند در عرصه‌های نوظهور و پیشرفته نیز حضور فعالی داشته باشند. سرمایه‌گذاری در آموزش این مهارت‌ها و همچنین ارتقای تجربه عملی فارغ‌التحصیلان، نقش مهمی در پیشرفت صنایع و توسعه اقتصادی استان خواهد داشت.

## کمبودهای صنعت برق زنجان:

صنعت برق زنجان با وجود پتانسیل‌های بالایی که در اختیار دارد، همچنان با چالش‌ها و کمبودهایی مواجه است که می‌توانند توسعه این بخش را تحت تأثیر قرار دهند. بررسی این محدودیت‌ها می‌تواند به شناسایی فرصت‌های بهبود و ارائه راهکارهای عملی برای رشد این صنعت کمک کند.

## ۱. محدودیت در فرصت‌های شغلی گرایش

### الکترونیک

یکی از اصلی‌ترین مشکلات صنعت برق در زنجان، کمبود فرصت‌های شغلی برای فارغ‌التحصیلان گرایش الکترونیک است. این مسئله به دلیل تمرکز صنایع موجود بر گرایش‌های قدرت و مخابرات و نبود کارخانه‌ها یا شرکت‌هایی که مستقیماً در طراحی و تولید تجهیزات الکترونیکی فعالیت کنند، تشدید می‌شود. برای حل این مشکل، ایجاد مراکز تحقیق و توسعه (R&D) در حوزه الکترونیک و حمایت از استارت‌آپ‌های فعال در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد.

## ۲. کمبود سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین

در حالی که فناوری‌های نوینی مانند اینترنت اشیاء (IOT)، انرژی‌های تجدیدپذیر و هوش مصنوعی در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته‌اند، زنجان هنوز در این حوزه‌ها نیازمند سرمایه‌گذاری جدی است. نبود زیرساخت‌های لازم برای پیاده‌سازی این فناوری‌ها، یکی از چالش‌های اصلی است. برای رفع این کمبود، جذب سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی و ایجاد تسهیلات مالی برای پروژه‌های نوآورانه ضروری است.

## ۳. کمبود نیروی متخصص در فناوری‌های

### پیشرفته

با پیشرفت سریع تکنولوژی، تقاضا برای نیروی کار ماهر در زمینه‌هایی نظیر طراحی سیستم‌های هوشمند، انرژی‌های پاک و اتوماسیون صنعتی افزایش یافته است. اما صنعت برق زنجان هنوز در تأمین این نیروی متخصص با چالش مواجه است. این امر به دلیل نبود آموزش‌های تخصصی کافی و امکانات پیشرفته آموزشی در دانشگاه‌ها و مراکز فنی استان است. برنامه‌ریزی برای ارائه دوره‌های آموزشی تخصصی و عملی در این حوزه می‌تواند این مشکل را برطرف کند.

## ۴. محدودیت تجهیزات و فناوری‌های مدرن

یکی دیگر از چالش‌ها، عدم دسترسی به تجهیزات مدرن و پیشرفته برای اجرای پروژه‌های صنعتی و تحقیقاتی است. کارخانه‌ها و مراکز تحقیقاتی در زنجان نیازمند تجهیزات پیشرفته مانند ابزارهای شبیه‌سازی، ماشین‌آلات دقیق و فناوری‌های روز دنیا هستند تا بتوانند با سایر استان‌ها و کشورهای همسایه رقابت کنند.

## ۵. توسعه ناکافی انرژی‌های تجدیدپذیر

با وجود پتانسیل بالای زنجان در بهره‌برداری از

منابع تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی و بادی، این بخش هنوز به شکل کافی توسعه نیافته است. کمبود حمایت‌های دولتی، نبود سیاست‌های تشویقی برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و عدم آگاهی عمومی از مزایای این منابع از موانع اصلی در این حوزه هستند.

## ۶. تمرکز بر صنایع بزرگ و نادیده گرفتن استارت‌آپ‌ها

بیشتر سرمایه‌گذاری‌ها و فرصت‌های شغلی در زنجان به سمت صنایع بزرگ نظیر تولید فلزات و سیمان هدایت شده‌اند، و این امر باعث شده که استارت‌آپ‌ها و کسب‌وکارهای کوچک در حوزه برق کمتر مورد توجه قرار گیرند. ایجاد برنامه‌های حمایتی برای تشویق کارآفرینان و استارت‌آپ‌ها می‌تواند به تنوع‌بخشی فرصت‌های شغلی کمک کند.

## راهکارهای پیشنهادی

۱. حمایت از استارت‌آپ‌ها و کسب‌وکارهای نوآورانه در زمینه طراحی و تولید تجهیزات الکترونیکی و انرژی‌های نو.
۲. ارتقاء نظام آموزشی و ایجاد دوره‌های تخصصی کاربردی برای آموزش نیروی انسانی ماهر.
۳. جذب سرمایه‌گذاران خصوصی و استفاده از تسهیلات دولتی برای توسعه فناوری‌های پیشرفته.
۴. ایجاد مراکز تحقیقاتی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و اینترنت اشیاء.
۵. افزایش آگاهی عمومی و سیاست‌گذاری‌های تشویقی برای استفاده از انرژی‌های پاک و پایدار.

## نتیجه‌گیری

با وجود چالش‌های موجود، صنعت برق زنجان ظرفیت‌های بسیاری برای رشد و توسعه دارد. تمرکز بر رفع کمبودهای موجود و سرمایه‌گذاری در

حوزه‌های نوآورانه می‌تواند این صنعت را به یکی از ستون‌های اصلی توسعه اقتصادی استان تبدیل کند.

## بررسی شرکت‌های برقی استان زنجان

استان زنجان با توجه به موقعیت جغرافیایی و صنعتی خود، میزبان شرکت‌ها و نهادهای متعددی در زمینه برق و الکترونیک است. این شرکت‌ها در حوزه‌های مختلفی از جمله توزیع برق، پروژه‌های نیروگاهی، پیمانکاری، طراحی سیستم‌های صنعتی و انرژی‌های تجدیدپذیر فعالیت می‌کنند. در ادامه برخی از مهم‌ترین شرکت‌ها و جنبه‌های کاری آن‌ها را بررسی می‌کنیم:

### ۱. شرکت توزیع نیروی برق استان زنجان

- شرح فعالیت:

این شرکت مسئول تأمین و توزیع برق برای تمامی مناطق استان است. وظایف اصلی آن شامل نگهداری، بهره‌برداری، و توسعه زیرساخت‌های شبکه برق می‌باشد.

- فرصت‌های شغلی:

مهندسان برق می‌توانند در بخش‌های نگهداری شبکه، طراحی سیستم‌های توزیع، و اجرای پروژه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی مشغول به کار شوند.

- اقدامات توسعه‌ای:

این شرکت به دنبال پیاده‌سازی پروژه‌های مرتبط با شبکه‌های هوشمند برق (Smart Grid) و کاهش هدررفت انرژی است.

یکی از این شرکت‌ها پست ۲۳۰ به ۶۳ کیلوولت آریان استان زنجان است.

پست ۲۳۰ به ۶۳ کیلوولت نیروگاه آریان در استان زنجان یکی از پروژه‌های مهم صنعت برق ایران است. این پروژه با هدف بهبود کیفیت برق‌رسانی، کاهش خاموشی‌های ناخواسته و افزایش پایداری شبکه برق

شهرک‌های صنعتی، ساختمان‌های تجاری و مسکونی را بر عهده دارند.

- فرصت‌های شغلی:

مهندسان برق در این شرکت‌ها می‌توانند در زمینه‌های طراحی نقشه‌های برق‌رسانی، اجرای سیستم‌های روشنایی و ایمنی و نصب تجهیزات الکتریکی فعالیت کنند.

- تخصص‌های مورد نیاز:

تسلط بر استانداردهای طراحی الکتریکی، مهارت در نصب و راه‌اندازی تجهیزات و دانش اتوماسیون صنعتی از الزامات این حوزه است.

### ۳. شرکت‌های فعال در انرژی‌های تجدیدپذیر

- پتانسیل‌ها:

با توجه به موقعیت جغرافیایی زنجان و شرایط اقلیمی مناسب برای بهره‌گیری از انرژی‌های خورشیدی و بادی، شرکت‌های فعال در این حوزه در حال توسعه هستند.

- فعالیت‌ها:

این شرکت‌ها در طراحی، نصب و راه‌اندازی سیستم‌های خورشیدی، نیروگاه‌های کوچک بادی و تجهیزات مرتبط فعالیت می‌کنند.

- چالش‌ها:

نبود حمایت‌های مالی کافی و کمبود نیروی متخصص از موانع اصلی رشد این شرکت‌ها در زنجان است.

برای مثال یکی از شرکت‌هایی که در این حوزه فعالیت میکند گروه صنعتی ایران‌ترانسفو است.

شرکت ایران‌ترانسفو یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان ترانسفورماتور در ایران و خاورمیانه است. این شرکت در زنجان واقع شده و از سال ۱۳۴۱ فعالیت خود را آغاز کرده است. ایران‌ترانسفو انواع ترانسفورماتورها، از جمله ترانسفورماتورهای توزیع، قدرت و خاص را تولید

در منطقه غرب زنجان در حال اجرا است. عملیات توسعه این پست شامل نصب تجهیزات جدید و بتن‌ریزی بوده و پیش‌بینی می‌شود تا تابستان ۱۴۰۴ به بهره‌برداری برسد.

این پروژه بخشی از ۱۴ مگا پروژه صنعت برق است که به منظور عبور از اوج بار تابستان و کاهش ناترازی تولید و مصرف برق طراحی شده است. با بهره‌برداری از این پست، ظرفیت انتقال برق در منطقه به میزان قابل توجهی افزایش خواهد یافت.

پروژه پست ۲۳۰ به ۶۳ کیلوولت آریان می‌تواند فرصت‌های شغلی متعددی ایجاد کند که شامل موارد زیر است:

۱. مهندسی و طراحی: نیاز به مهندسان برق، مکانیک و عمران برای طراحی و اجرای پروژه.

۲. ساخت و نصب تجهیزات: استخدام تکنسین‌ها و کارگران ماهر برای نصب تجهیزات و ساخت زیرساخت‌ها.

۳. مدیریت پروژه: نیاز به مدیران پروژه و کارشناسان برنامه‌ریزی برای نظارت بر پیشرفت کار.

۴. نگهداری و بهره‌برداری: پس از بهره‌برداری، نیاز به نیروی انسانی برای نگهداری و بهره‌برداری از پست.

۵. حمل و نقل و لجستیک: فرصت‌های شغلی در زمینه حمل و نقل تجهیزات و مواد مورد نیاز پروژه.

این پروژه همچنین می‌تواند به طور غیرمستقیم باعث رونق اقتصادی منطقه و ایجاد فرصت‌های شغلی در صنایع وابسته شود.

### ۲. شرکت‌های پیمانکاری برق

- نقش و اهمیت:

این شرکت‌ها در حوزه اجرای پروژه‌های صنعتی و ساختمانی نقش دارند. آن‌ها وظیفه طراحی، نصب و اجرای سیستم‌های برقی در پروژه‌های مختلف نظیر

می کند.

این شرکت به فناوری‌های نوین و تجهیزات پیشرفته مجهز است و به دلیل کیفیت بالای محصولاتش، در بازارهای داخلی و خارجی شناخته شده است. همچنین، ایران ترانسفو در زمینه تحقیق و توسعه و ارتقای تکنولوژی‌های خود نیز فعال است و همکاری‌هایی با دانشگاه‌ها و مراکز علمی دارد. تولیدات این شرکت نقش مهمی در تأمین انرژی و زیرساخت‌های برق کشور ایفا کرده و به رشد صنعت برق در ایران کمک شایانی نموده است.

مراحل اجرایی پروژه کارخانه نوآوری برق و انرژی‌های تجدیدپذیر در زنجان:

۱. امضای قرارداد مشاوره و راهبری: این مرحله با همکاری مدیرعامل گروه صنعتی ایران ترانسفو و شرکت هم‌آوا انجام شده است.

۲. طراحی زیست‌بوم نوآوری: هدف این مرحله ایجاد بستری جامع برای حمایت از استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های فناور در حوزه برق و انرژی‌های تجدیدپذیر است.

۳. احداث کارخانه در کنار کارخانجات ایران ترانسفو: این کارخانه به عنوان بخشی از مجموعه صنعتی ایران ترانسفو ساخته می‌شود.

پروژه کارخانه نوآوری برق و انرژی‌های تجدیدپذیر در زنجان تأثیرات مثبتی بر بازار کار و اقتصاد محلی خواهد داشت. این تأثیرات شامل موارد زیر است:

۱. ایجاد فرصت‌های شغلی جدید: با احداث این کارخانه، فرصت‌های شغلی متعددی برای متخصصان، مهندسان و کارگران محلی ایجاد خواهد شد.

۲. حمایت از استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های فناور: این پروژه بستری برای رشد و توسعه استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های فعال در حوزه برق و انرژی‌های تجدیدپذیر فراهم می‌کند.

۳. تقویت اقتصاد محلی: با جذب سرمایه‌گذاری‌های داخلی و خارجی و افزایش تولیدات صنعتی، اقتصاد محلی تقویت خواهد شد.

۴. ارتقای نوآوری و فناوری: این کارخانه به عنوان یک مرکز نوآوری به توسعه فناوری‌های جدید و ارتقای سطح علمی و صنعتی منطقه کمک می‌کند. این پروژه می‌تواند زنجان را به یکی از مراکز پیشرو در صنعت برق و انرژی‌های تجدیدپذیر تبدیل کند. فرصت‌های شغلی جدید:

این پروژه می‌تواند طیف گسترده‌ای از فرصت‌های شغلی جدید در حوزه‌های مختلف ایجاد کند، از جمله:

۱. مهندسی و فناوری: استخدام مهندسان برق، مکانیک و انرژی‌های تجدیدپذیر برای طراحی، نصب و بهره‌برداری از فناوری‌های پیشرفته.

۲. تحقیق و توسعه: ایجاد موقعیت‌های شغلی برای پژوهشگران و متخصصان جهت توسعه فناوری‌های نوآورانه در حوزه انرژی‌های پاک.

۳. مدیریت و مشاوره: نیاز به کارشناسان مدیریت پروژه، تحلیل‌گران اقتصادی و مشاوران برای هدایت و بهره‌برداری بهینه از کارخانه.

۴. پشتیبانی و عملیات: استخدام نیروهای فنی برای نصب و نگهداری تجهیزات و کارگران صنعتی برای فعالیت‌های تولیدی.

۵. آموزش و مهارت‌آموزی: ایجاد موقعیت‌هایی برای مربیان و متخصصان آموزشی به منظور انتقال دانش و مهارت به کارکنان و استارت‌آپ‌ها.

این فرصت‌ها نه تنها به افراد بومی منطقه بلکه به جذب استعدادها از سراسر کشور نیز کمک می‌کند. این پروژه مسیر توسعه پایدار را هموار می‌سازد!

#### ۴. مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های نوآور

- اهمیت تحقیق و توسعه (R&D):

## نتیجه‌گیری

شرکت‌های برقی زنجان با تمرکز بر حوزه‌های متنوع و پتانسیل‌های موجود می‌توانند نقش کلیدی در توسعه اقتصادی استان ایفا کنند. با این حال، برای بهره‌برداری از تمامی ظرفیت‌ها، نیاز به حمایت‌های دولتی، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پیشرفته و آموزش نیروهای متخصص احساس می‌شود.

مراکز تحقیقاتی در زنجان به دنبال ارائه راه‌حل‌های نوآورانه برای ارتقای عملکرد سیستم‌های برق و طراحی فناوری‌های پیشرفته هستند.

- مثال‌ها:

برخی شرکت‌های خصوصی کوچک نیز بر توسعه سیستم‌های هوشمند، اینترنت اشیاء (IOT)، و کاربردهای هوش مصنوعی در صنعت برق تمرکز دارند. - نیازها:

حمایت مالی بیشتر و ارائه تسهیلات برای جذب نیروی ماهر می‌تواند باعث رشد این مراکز شود.

### ۵. شرکت‌های مرتبط با صنایع بزرگ

- صنایع وابسته به برق:

شرکت‌هایی که در حوزه تولید فلزات، سیمان و نساجی در زنجان فعالیت دارند، وابستگی زیادی به سیستم‌های برق صنعتی دارند.

- فرصت‌های شغلی:

مهندسان برق می‌توانند در این صنایع به‌عنوان متخصصین سیستم‌های قدرت، نگهداری و تعمیرات، و اتوماسیون صنعتی به کار گرفته شوند.

نقاط قوت و ضعف شرکت‌های برقی استان زنجان  
- نقاط قوت:

- وجود شرکت‌های بزرگ توزیع و پیمانکاری.

- پتانسیل بالا در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر.

- موقعیت استراتژیک استان در نزدیکی بازارهای

صنعتی.

- نقاط ضعف:

- کمبود شرکت‌های فعال در حوزه الکترونیک و

تولید تجهیزات پیشرفته.

- ضعف در سرمایه‌گذاری در مراکز تحقیقاتی و

فناوری‌های نوین.

- نیاز به نیروی متخصص و آموزش‌های حرفه‌ای

برای کارکنان.



## جدول برقی |



رمز جدول:



برای دریافت جایزه، لطفاً رمز  
جدول حل شده خود را به آدرس  
ایمیل زیر ارسال نمایید:

electrical.society.znu@gmail.com

| ۱۱ | ۱۰ | ۹ | ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ |    |
|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
|    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ۱  |
|    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ۲  |
|    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ۳  |
|    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ۴  |
|    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ۵  |
|    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ۶  |
|    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ۷  |
|    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ۸  |
|    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ۹  |
|    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ۱۰ |

## عمودی:

- (۱) واحد اندازه‌گیری جریان – در نظریه مدار جریان مستقیم، روش ساده‌سازی مدارهای پیچیده ساخته شده از مقاومت‌های خطی تغییرناپذیر با زمان، منابع ولتاژ و منابع جریان است که می‌توان از دید یک جفت پایانه شبکه، آن را با یک منبع جریان و یک مقاومت به صورت موازی جایگزین کرد
- (۲) نمایشگر جزئی از یک کل – ماده‌ای که از انتقال انرژی، صوت، آتش و رطوبت جلوگیری به عمل آورد
- (۳) حرف اول رمز جدول در ردیف هفتم این ستون قرار دارد.
- (۴) جنس باتری با قابلیت شارژ مجدد – به صورت موازی بسته شده و قطار روی آن به حرکت در می‌آید
- (۵) حرف دوم رمز جدول در ردیف هفتم این ستون قرار دارد.
- (۶) موشواره – حرف پنجم رمز جدول در ردیف دهم این ستون قرار دارد.
- (۷) حرف چهارم رمز جدول در ردیف نهم این ستون قرار دارد.
- (۸) حرف سوم رمز جدول در ردیف ششم این ستون قرار دارد.
- (۹) پدر رباتیک ایران
- (۱۰) از این نوع ترانسفورماتورها در بدترین شرایط محیطی، آب و هوایی و آتش‌سوزی بهره‌برداری می‌شود – حرف چهارم رمز جدول در ردیف نهم این ستون قرار دارد.
- (۱۱) هافبک نامدار فرانسوی – جنبش اقتصادی جدید یک راه حل سازمانی است که با هدف ایجاد یک بلاکچین هوشمند و پیشرفته از نظر تکنولوژی طراحی شده است

## افقی:

- (۱) نو – آلیاژی است از دو یا چند فلز مختلف که در اتصال ثابت فلزات، به‌ویژه سیم‌ها و کابل‌ها به یکدیگر به کار می‌رود. یک نرم افزار اضافی است که پس از نصب نرم افزار اصلی باید آن را اجرا کنید – حرف ششم رمز جدول در ردیف سوم این ستون قرار دارد.
- (۲) عنصری با عدد اتمی ۲۹ که در سیم کشی کاربرد دارد – وسیله‌ای است که جریان متناوب را به جریان مستقیم تبدیل می‌کند.
- (۳) نرم افزار شبیه سازی مدارهای الکتریکی – متضاد درشت.
- (۴) گرم کننده – یک شرکت خوشه‌ای چندملیتی ژاپنی است، که در زمینه طراحی، توسعه فناوری و تولید انواع لوازم الکترونیکی، بازی‌های ویدئویی، تجهیزات سرگرمی فعالیت می‌کند.
- (۵) یکای بار الکتریکی – وسیله‌ای برای قطع و وصل و لیز خوردن یا تغییر مسیر جریان الکتریسیته در یک مدار است.
- (۶) به معنای نعمت بسیار – از واحدهای اندازه‌گیری در SI که برابر با  $10^3$  است.
- (۷) یکای توان در SI – عنصری که عموماً به عنوان نیمه‌رسانا در مدارها استفاده می‌شود.
- (۸) دیود زمانی رخ می‌دهد که ولتاژ اعمال شده به دیود باعث افت ولتاژ سمت P (آند) به سمت N (کاتد) می‌شود، که در نتیجه مانع عبور جریان می‌شود.
- (۹) از مهم‌ترین و متداول‌ترین روش‌های جداسازی است – تغییر تکرار شونده در تعادل.
- (۱۰) دستگاهی است که اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه از مدار را اندازه می‌گیرد – حافظه دسترسی تصادفی.



## زندگی نامه گوستاو رابرت کیرشهف

پارمیس شاکری - دانشجوی کارشناسی مهندسی برق دانشگاه زنجان

گوستاو رابرت کیرشهف (Gustav Robert Kirchhoff) یکی از فیزیکدانان برجسته قرن نوزدهم است که به خاطر کارهایش در زمینه‌های الکتریسیته، حرارت و طیف‌سنجی شناخته می‌شود. او با ارائه‌ی نظریه‌ها و قوانین بنیادی، پایه‌گذار بسیاری از مفاهیم مدرن در فیزیک و مهندسی برق شد.

کیرشهف در ۱۲ مارس ۱۸۲۴ در برلین به دنیا آمد. او از سنین جوانی به علم علاقه‌مند بود و در سال ۱۸۴۷ تحصیلات خود را در دانشگاه برلین آغاز کرد. در این دانشگاه، او تحت تأثیر استادانی مانند هاینریش گابریل و کارل فردریش گاوس قرار گرفت.

کیرشهف در سال ۱۸۵۰ موفق به دریافت مدرک دکتری خود شد و پس از آن به تدریس در دانشگاه‌های مختلف آلمان پرداخت. او در سال ۱۸۵۲ به عنوان استاد در دانشگاه کارلسروهه منصوب شد و سپس در دانشگاه‌های دیگر نیز تدریس کرد.

## کارهای علمی

### ۱. قوانین کیرشهف

در یک مدار الکتریکی فشرده جمع جبری جریان‌هایی که به یک گره وارد می‌شود یا از آن خارج می‌شوند در هر لحظه برابر با صفر است. این قانون به (Kirchhoffs current laws) KCL نیز معروف است و به ماهیت اجزای مدار بستگی ندارد و از قانون پایستگی بار نتیجه می‌شود. این قانون برای هر گره یا سطح بسته برقرار است به شرطی که ابعاد آن از طول موج بسیار کوچکتر باشد.

در یک مدار الکتریکی فشرده در هر حلقه یا هر مسیر بسته، مجموع جبری اختلاف پتانسیل در المان‌های مدار، برابر صفر است و به

ماهیت اجزای مدار بستگی ندارد. این قانون به نیز معروف است (Kirchhoffs Voltage laws) KVL همچنین از پایستار بودن میدان الکتریکی ساکن‌ها ازهایی که ابعاد آن‌شود و در حلقه‌نتیجه می‌طول موج بسیار کوچکتر است یا به عبارت دیگر در مدارهای فشرده برقرار است. در قوانین کیرشهف‌ها در نظر گرفت. باید جهات فرضی برای جریان‌ها باید قانون گره را پس از تعیین علامت جریان‌ها نوشت. برای این کار در جهت جریان‌درباره جریان‌رویم فرضی در مدار پیش می‌

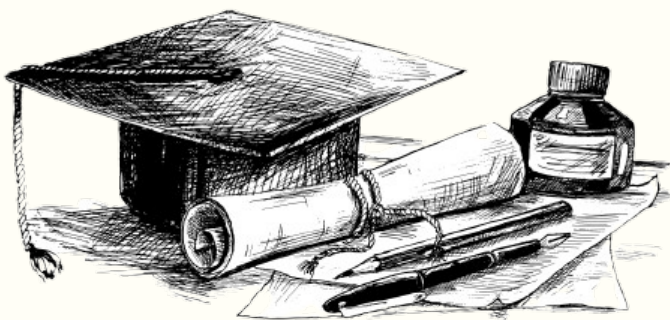
### ۲. طیف‌سنجی

کیرشهف در زمینه‌ی طیف‌سنجی نیز کارهای مهمی

برق و فیزیک کاربرد دارند.

کیرشهف به خاطر کارهای علمی‌اش جوایز و افتخارات متعددی دریافت کرد. او عضو آکادمی‌های علمی مختلف بود و به عنوان یک پیشگام در زمینه‌های فیزیک و مهندسی شناخته می‌شود. کیرشهف واژه «تابش سیاه» را وارد علم طیف سنجی کرد و جایزه بونزن-کیرشهف برای طیف سنجی به نام او و همکارش، روبرت بونزن نامگذاری شده است.

گوستاو رابرت کیرشهف با ارائه قوانین بنیادی در الکتریسیته و کار در زمینه طیف‌سنجی، نقش مهمی در توسعه علم فیزیک ایفا کرد. او به عنوان یک پیشگام در این حوزه‌ها شناخته می‌شود و آثارش هنوز هم در علم و فناوری مدرن مورد استفاده قرار می‌گیرد. کارهای او نه تنها در زمان خود، بلکه در قرن‌های بعد نیز تأثیرگذار بوده و به پیشرفت‌های علمی و فناوری کمک کرده است.



انجام داد. او توانست با استفاده از طیف‌سنجی، عناصر شیمیایی را شناسایی کند و نشان داد که هر عنصر طیف خاص خود را دارد. در سال ۱۸۵۹، او به همراه همکارش، روبرت بونزن، روش‌های جدیدی برای تحلیل طیف‌های نوری توسعه دادند که به شناسایی عناصر در ستارگان و دیگر اجرام آسمانی کمک کرد.

کیرشهف و بونزن با مطالعه طیف‌های نوری، به کشف عنصر جدیدی به نام «سزیم» رسیدند. این کار به توسعه علم شیمی و نجوم بسیار کمک کرد.

### ۳. قانون کیرشهف برای تابش

یکی از دیگر کارهای مهم او، قانون کیرشهف برای تابش است. این قانون بیان می‌کند که نسبت تابش یک جسم سیاه به دما به قدرت چهارم دما مربوط می‌شود. این قانون به عنوان پایه‌ای برای درک تابش الکترومغناطیسی در نظر گرفته می‌شود و به مطالعه رفتار مواد در دماهای مختلف کمک می‌کند.

### ۴. تحلیل مدارهای الکتریکی

کیرشهف همچنین به توسعه روش‌های تحلیل مدارهای الکتریکی کمک کرد. او توانست با استفاده از قوانین خود، روش‌های جدیدی برای حل مدارهای پیچیده ارائه دهد. این روش‌ها به مهندسان برق این امکان را می‌دهد که مدارها را به طور دقیق طراحی و تحلیل کنند.

کیرشهف به عنوان یکی از بنیان‌گذاران فیزیک مدرن شناخته می‌شود و تأثیرات عمیقی بر روی توسعه علم الکتریسیته و حرارت داشته است. کارهای او همچنان در آموزش و پژوهش‌های علمی مورد استفاده قرار می‌گیرند و بسیاری از اصول بنیادی که او معرفی کرد، هنوز هم در مهندسی



**Gustav Kirchhoff**

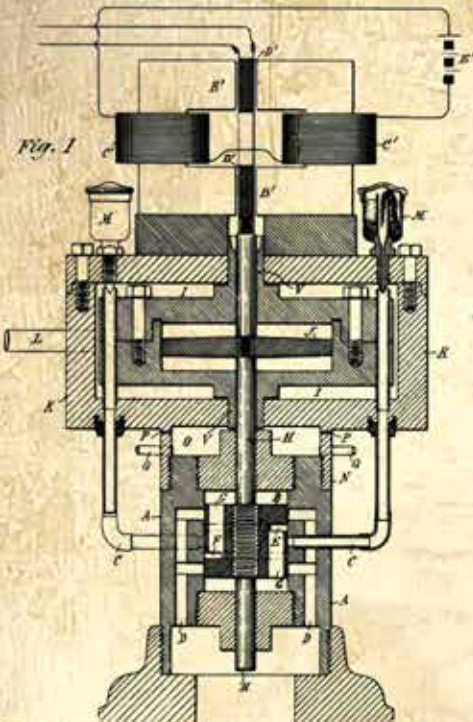
# Nikola Tesla

1856 - 1943

N. TESLA.  
ELECTRIC GENERATOR.

No. 511,916.

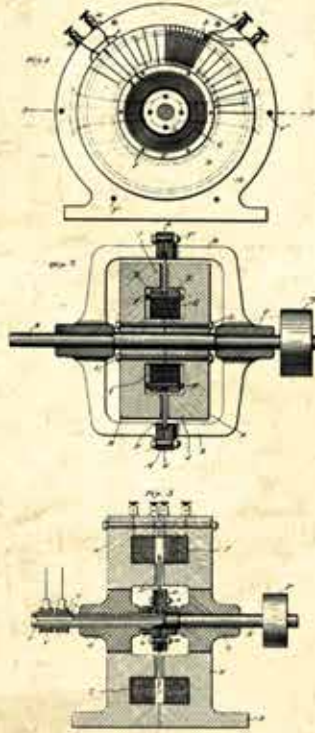
Patented Jan. 2, 1894.



Witnessed  
R. F. Fayland

Inventor  
Nikola Tesla  
By Eric Attorneys  
Duncan & Page

N. TESLA.  
ALTERNATING ELECTRIC CURRENT GENERATOR.  
No. 447,921  
Patented Mar. 10, 1891.

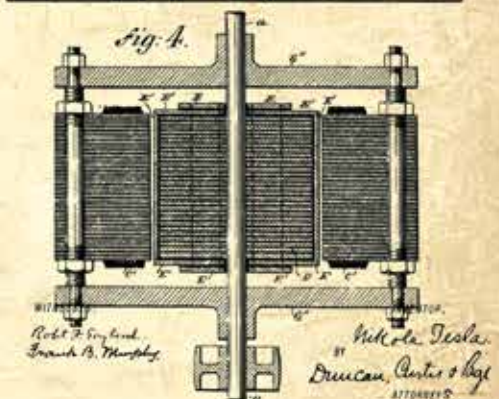
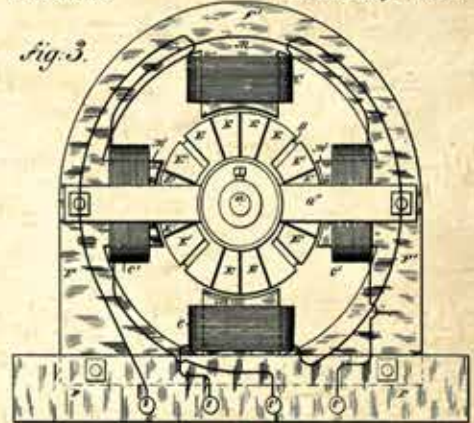


Witnessed  
Eric Attorneys  
Duncan & Page  
Inventor  
Nikola Tesla  
By Eric Attorneys  
Duncan & Page

N. TESLA.  
ELECTRO MAGNETIC MOTOR.

No. 382,279.

Patented May 1, 1888.



Witnessed  
Robert F. Fayland  
Frank B. Murphy

Inventor  
Nikola Tesla  
By Eric Attorneys  
Duncan & Page



**Nikola Tesla**  
(1856 - 1943)

The great Yugoslav-American scientist and inventor whose groundbreaking discoveries in **alternating current electricity** laid the foundation for the modern world.

A visionary whose ideas illuminated the planet and forever changed the course of technology.

**نیکولا تسلا**  
(۱۸۵۶ - ۱۹۴۳)

دانشمند و مخترع بزرگ یوگسلاو-آمریکایی که با کشفیات انقلابی خود در زمینه **جریان متناوب الکتریکی**، پایه‌های دنیای مدرن را بنا نهاد.

ایده‌های نابغه‌ای که جهان را روشن کرد و مسیر پیشرفت فناوری را برای همیشه تغییر داد.

electrical.society.znu@gmail.com

جهت ارتباط مستقیم با سردبیر:

 [zilink/EESS](https://zilink/EESS)

 ELEC\_ZNU

 ELEC\_ZNU