

عصر برق ۱

ASR-E-BARO

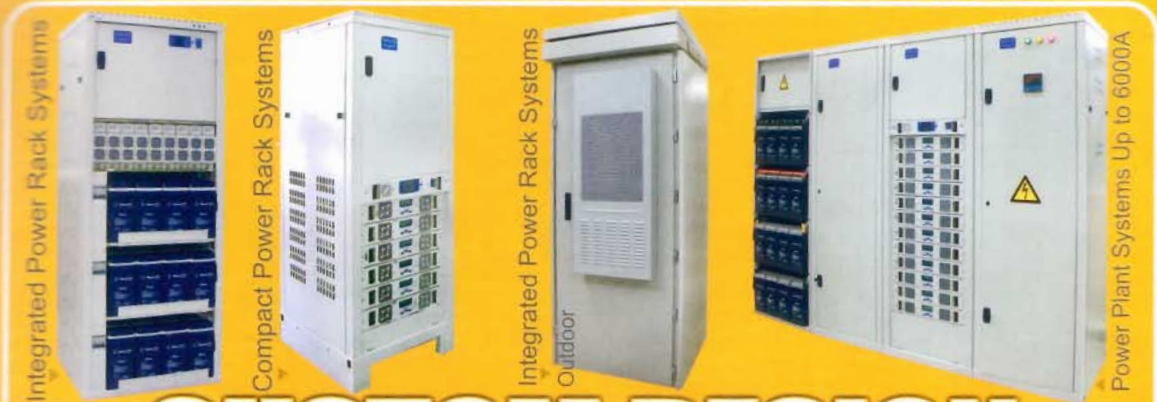
فصلنامه علمی، آموزشی، پژوهشی
انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران
سال نهمت / شماره ۱ / پاييل ۱۳۹۲
قيمت ۵۰۰۰ تومان



نگاهی به چالش‌های آب و برق / توسعه ظرفیت نیروگاهی کشور / توانان با استفاده از بیع متقابل
باز انگاری در اقتصاد یارانه‌ای / بررسی روش‌های برقراری ارتباط بدون سیم در شبکه‌های نسل آینده
مخابرات مولکولی / امکان‌سنجی فن‌آوری‌های مختلف تولید سلول‌های خورشیدی

DESIGNER AND MANUFACTURER OF POWER CONVERSION SYSTEMS

- ICT EQUIPMENT POWER SUPPLIES & CONVERSION SYSTEMS
- WIND TURBINE POWER CONVERTERS
- SOLAR INVERTERS
- CONSULTANT & EXECUTIVE OF TURNKEY & EPC PROJECTS IN POWER EQUIPMENT



CUSTOM DESIGN



Power Shelf Systems
(1,2,3,5)U



منتخب سومین جشنواره ملی

وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات

✓ حوزه تولید و پشتیبانی

✓ و حوزه کار آفرینی



صاحب امتیاز: انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران
مدیر مسئول: دکتر حبیب رجبی مشهدی
سردبیر: دکتر جواد ساده

شورای سیاست گذاری:

دکتر محمد مولوی، مهندس سید محمدرضا فخر نبوی،
مهندس مجید مهدیزاده، مهندس مهدی کارگر راضی،
مهندس حسن اروجی، مهندس محمد فاضل نسب،
دکتر حبیب رجبی مشهدی، دکتر مصطفی رجبی مشهدی،
دکتر جواد ساده، مهندس غلامرضا یزدانی شواکند

شورای نویسندگان:

دکتر خلیل مافی نژاد، دکتر محمد مولوی
مهندس سید محمدرضا فخر نبوی، دکتر حبیب رجبی
مشهدی، دکتر جواد ساده، دکتر محمدرضا اکبرزاده توتونچی،
مهندس محمدعلی چمنیان، دکتر مصطفی رجبی مشهدی،
دکتر امیررضا عطاری، دکتر رضا لطفی، دکتر محمد منفرد

مدیر اجرایی:

مهندس غلامرضا یزدانی شواکند

روابط عمومی:

مهندس مریم قاضی، فریده سعادت

مدیر برنامه ریزی:

دکتر مصطفی رجبی مشهدی

صفحه آرایی و امور گرافیک:

امواج برتر

لیتوگرافی: کارنگ اسکنر (۰۵۱۱-۸۴۳۸۸۸۳)

چاپ: زبرجد (۰۵۱۱-۶۰۸۰۴۲۵)

صحافی: حافظ (۰۵۱۱-۳۹۲۹۱۱۱)

۲	یادداشت مدیر مسئول
۳	سخن سردبیر
۴	نگاهی به چالش های آب و انرژی در گفتگو با مهندس چوپانکاره
۸	نگاهی به وضعیت پایان نامه های تحصیلات تکمیلی در حوزه مهندسی برق- الکترونیک
۱۰	توسعه ظرفیت نیروگاهی کشور توامان با افزایش راندمان با استفاده از بیع متقابل
۱۴	روشی جدید برای ارتباط بین انسان و ماشین بر پایه پردازش تصویر و ...
۱۹	طراحی و ساخت یک دستگاه پمپ انسولین جدید با دقت نیم میکرولیتر
۲۳	مخابرات مولکولی
۳۰	باز انگاری در اقتصاد پارانه ای
۳۴	امکان سنجی فن آوری های مختلف تولید سلول های خورشیدی
۴۳	بررسی روش های برقراری ارتباط بدون سیم در شبکه های نسل آینده
۴۸	سیستم های کنترل ازدحامی برای نانوپزشکی و کاربرد آن در پیشگیری بیماری ...
۴۹	تحلیل و طراحی مبدل آنالوگ به دیجیتال تقریب متوالی برای کاربردهای پزشکی
۵۰	پایاده سازی مدارات با قابلیت اطمینان و کارآیی بالا بر اساس ساختارهای ...
۵۱	مطالعه آماری قیمت برق و مدل سازی آن به کمک قضیه حد مرکزی جهت بررسی ...
۵۲	بازشناسی زیرکلمات دست نویس فارسی وابسته به نویسنده با قابلیت یادگیری
۵۳	مکان یابی خطا در شبکه های توزیع انرژی الکتریکی با الگوریتم تطابق
۵۴	کاربرد فرامواد مبتنی بر خط انتقال در طراحی و ساخت آنتن ها
۵۷	نیان الکترونیک: در مسیر توسعه و کارآفرینی

● از مطالب و نوشته های شما استقبال می کنیم:

- «عصر برق» در استفاده، ویرایش و کوتاه کردن مطالب ارسالی آزاد بوده و مطالب ارسالی شما نزد ما به یادگار می ماند.
- نظرات و عقاید نویسندگان مطالب لزوماً دیدگاه «عصر برق» نیست.
- استفاده از مطالب «عصر برق» با ذکر منبع آزاد است.
- ترتیب آثار چاپ شده بر حسب ملاحظات فنی و رعایت تناسب بوده و به معنای درجه بندی نیست.
- مقاله های ارسالی از طریق پست الکترونیک و حتماً به صورت PDF و Word باشد.
- ترجمه ها همراه با نسخه اصلی ارسال شود.
- مسئولیت حقوقی آثار ارسالی بر عهده نویسندگان مقاله ها می باشد.

نشانی:

مشهد. پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده فنی
گروه برق، اتاق ۸۴۳
تلفن: ۰۵۱۱- ۸۸۰۶۰۵۲

www.kiaeee.org
e-mail: asrebarq@kiaeee.org



عصر برق

کردن مهندسان برق با آخرین یافته‌های نوین علمی و صنعتی از اهمیتی ویژه برخوردار است. در چند دهه اخیر همراه با رشد دوره‌های تحصیلات تکمیلی مهندسی برق و انتشار مجله‌های علمی-پژوهشی تخصصی گام‌های مثبتی در بعد پژوهشی برداشته شده‌است. علاوه بر این در سال‌های گذشته تلاش زیادی در راستای بهبود ارتباط صنعت و دانشگاه در همه رشته‌ها و از جمله مهندسی برق صورت گرفته است. برگزاری همایش‌های تخصصی در این زمینه، حمایت صنایع از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و رساله‌های دکتری مهندسی برق و راه‌اندازی پارک‌های علم و فن-آوری از جمله مواردی است که در این راستا می‌توان به آنها اشاره نمود.

اما در وضعیت کنونی نگاهی کلی به وضعیت پژوهش، آموزش و تعامل صنعت و دانشگاه در حوزه مهندسی برق نشان می‌دهد که خانواده بزرگ مهندسان برق، شامل هر دو بخش صنعتی و دانشگاهی بیش از هر زمان دیگر نیازمند گفتگو و نقد وضعیت موجود می‌باشند. فصل‌نامه «عصر برق» بی‌ادعا و متواضعانه در راستای فراهم کردن فضایی جهت نقد و بررسی مسایل اساسی و کلان مهندسی برق از هر دو زاویه دید صنعت و دانشگاه پا به میدان می‌گذارد.

ضرورت انتشار یک نشریه علمی-ترویجی که فقدان آن در مجموعه مهندسی برق به خوبی احساس می‌شود از مدت‌ها قبل در کمیته نشریه انجمن مهندسين برق و الکترونیک شاخه خراسان مورد توجه قرار گرفت. این کمیته پس از بررسی و نشست‌های متعدد که با همکاری جمعی از اساتید گروه مهندسی برق دانشگاه فردوسی مشهد و تعدادی از مهندسين و صاحب نظران صنعت برق، مخابرات، صنایع الکترونیک و اتوماسیون کشور برگزار گردید، تصمیم به انتشار فصل‌نامه عصر برق گرفت. علاوه بر انتشار مقالات به منظور آشنایی مهندسين برق با آخرین یافته‌های نوین علمی و صنعتی، معرفی دستاوردهای پژوهشی ملی و انتقال تجربیات اساتید دانشگاه و مدیران صنایع مختلف مرتبط با مهندسين برق از دیگر اهداف این نشریه می‌باشد.

با اعتقاد به این مهم که گردانندگان اصلی هر نشریه مخاطبان آن هستند، دست‌اندرکاران «عصر برق»، جامعه مهندسی برق ایران را به عنوان تکیه‌گاه علمی و فنی این فصل‌نامه به مدد می‌طلبند تا با حمایت از این نشریه از طریق مشارکت در تهیه مطالب و ارسال یافته‌های علمی و صنعتی و معرفی نوآوری‌ها به غنای مطالب منتشر شده کمک نمایند و با معرفی آن به سایر علاقمندان در تداوم انتشار آن سهیم باشند.

پیشرفت‌های علمی و صنعتی در شاخه‌های مختلف مهندسی برق در دهه‌های گذشته چهره زندگی بشر را به‌طور بنیادی دگرگون کرده‌است. فن‌آوری‌های مختلف عرضه شده توسط مهندسان برق چنان گسترده و عمیق در زندگی امروزه بشر رسوخ کرده است، که تصور زندگی بدون این خلاقیت‌های فناورانه بسیار مشکل می‌نماید. الکتريسته و مغناطيسی که روزگاری معماگونه و مرموز به نظر می‌رسیدند، مهم‌ترین عامل تغییرات در قرن گذشته بوده‌اند و نقش حیاتی و سرنوشت‌ساز را در قرن حاضر بر عهده دارند. در تایید این ادعا می‌توان به نقشی که توسعه صنعت برق در پیشرفت اقتصادی و رفاه اجتماعی کشورها بازی می‌کند اشاره کرد. همبستگی بالای بین سرانه مصرف برق و سرانه درآمد ناخالص ملی به روشنی این ارتباط تنگاتنگ را در کشورهای صنعتی و در حال توسعه نشان می‌دهد. شاهد دیگری بر این مدعا اقتصاد دیجیتال در حال ظهور می‌باشد، که بر پایه فناوری‌های اطلاعاتی و مخابراتی توسعه یافته در مهندسی برق پی‌ریزی شده است، زندگی بشر را در عرصه‌های مختلف دست‌خوش تغییرات اساسی نموده است.

در کشور ما نیز به عنوان کشور در حال توسعه نقش مهندسی برق چه از دیدگاه زیر ساخت‌های لازم برای توسعه و چه از دیدگاه فن‌آوری‌های نوین بسیار کلیدی می‌باشد. بر این اساس توجه به مسایل مختلف مرتبط با مهندسی برق در حوزه‌های پژوهش، آموزش، تربیت نیروی متخصص و آشنا



گرچه با حضور و ظهور فن‌آوری‌های مختلف در زمینه‌های متفاوت، فضایی مناسب برای تبادل اطلاعات فراهم آمده‌است و اندیشمندان هر حوزه برای ارتباط علمی و نشر دانش از شیوه‌های نوین بهره می‌گیرند و فضای مجازی عرصه‌ای مناسب برای عرضه دانش فراهم نموده است اما هنوز هم آرایه یافته‌های نوین در قالب انتشار مجله‌ها و نشریه‌های علمی همچنان فضای غالب را به خود اختصاص داده است به گونه‌ای که در همه کشورها و جوامع علمی نشریات همچنان جایگاه خود را حفظ نموده‌اند و معتبرترین انجمن‌های علمی هنوز هم انتشار و توزیع نسخه‌های چاپی نشریه‌ها و مجله‌ها را به عنوان راهکاری سودمند در نشر و ترویج دانش و یافته‌های پژوهشی در دستور کار دارند.

رشد چشم‌گیر تولید علم و دانش، هم‌زمان با ورود نخبگان علمی در مقاطع مختلف تحصیلی به دانشگاه‌های مختلف کشور و توسعه مقاطع تحصیلات تکمیلی در دانشگاه‌های داخلی منجر به تولید انبوهی از مقاله‌ها و آثار علمی شده است که بسیاری از آن‌ها نتیجه تحقیقات متعدد در مرزهای دانش است که به‌طور معمول در مجلات بین‌المللی دارای نمایه‌های ISI و ISC و مجله‌های علمی-پژوهشی داخل و خارج از کشور به چاپ می‌رسند و سهمی به‌سزا در ارتقاء جایگاه علمی کشور در عرصه جهانی و ایجاد فضای تحقیق و پژوهش داخلی به عهده دارند.

آثاری دیگر نیز نه به دلیل پایین بودن اعتبار علمی که به دلیل کمبودها در حوزه نشر مجالی برای عرضه در این عرصه نمی‌یابند و از آن مهم‌تر گرچه بخشی از رسالت مراکز علمی و دانشگاه‌ها توسعه مرزهای دانش است، اما برآوردن نیازهای صنعتی و انجام تحقیقات و انتشار دست‌آوردهای مرتبط با صنعت و نیازهای روز جامعه داخلی کمتر مورد توجه قرار گرفته است به گونه‌ای که انتشار نشریاتی با رویکرد علمی و ترویجی را به‌خصوص در حوزه پر تغییر و پر شتاب مهندسی

برق به یک ضرورت تبدیل نموده است. «عصر برق» با هدف توجه ویژه به مسایل کاربردی حوزه گسترده مهندسی برق گام در راه نهاده است تا به نشر و ترویج نتایج تحقیقات صنعتی و دانشگاهی، با رویکرد طرح و حل مسایل صنعتی بپردازد و بخشی از خلاء موجود را پر نماید. بی‌شک توانمندی بالایی جامعه علمی و صنعتی مهندسی برق کشور، وظیفه دست‌اندرکاران این نشریه را در راستای رسالتی که بر عهده گرفته‌اند سنگین‌تر می‌نماید تا با دقت نظر و حوصله‌ی بیشتر، فضایی برای آرایه نظرات و دیدگاه‌های مختلف فراهم آورند و با وجود سختی‌ها و حساسیت‌هایی که در حوزه نشر مطالب علمی وجود دارد، اثری درخور و شایسته به جامعه علمی و فنی مهندسی برق کشور تقدیم نمایند تا در توسعه و اعتلای فرهنگ پژوهش‌های علمی و صنعتی خود را سهیم نمایند.

بی‌شک آن چه به عنوان نخستین شماره از این مجموعه تقدیم حضور می‌شود، گرچه حاصل تلاش و کوشش نویسندگان محترم و سایر دست‌اندرکاران نشریه است تا رسیدن به نقطه مطلوب فاصله دارد اما با به‌کار بستن رهنمودها و پیشنهادهای خوانندگان و مخاطبان گران‌قدر، انتشارات آتی «عصر برق» با توسعه کمی و کیفی همراه خواهد بود. در این راستا مهربانانه و صمیمانه دست‌های پر توان و اندیشه‌های برتر صاحب‌نظران گرایش‌های مختلف مهندسی برق در حوزه‌های الکترونیک، قدرت، کنترل، مخابرات، مهندسی پزشکی و علوم مهندسی کامپیوتر را به یاری فرا می‌خوانیم تا آن چه به عنوان پل ارتباطی بین اندیشمندان حوزه‌های مختلف مهندسی برق فراهم خواهیم آورد، به آن چه در ذهن صاحب‌نظران ژرف‌بین این حوزه تداعی می‌نماید نزدیک‌تر باشد.

نگاهی به چالش‌های آب و انرژی < در گفتگو با مهندس چوپانکاره

● با توجه به تجربیات جنابعالی می‌خواهیم به عنوان شروع، حال صنعت برق ایران را بپرسیم، حال صنعت برق ایران را چگونه می‌بینید؟

○ امروزه نمی‌توان به صنعت برق به صورت مجرد نگاه کرد، این صنعت به صورت ناخودآگاه با مسایل و مباحث دیگری ارتباط برقرار می‌کند. می‌توان ۴ محور اصلی برای این مباحث در نظر گرفت، مباحثی که بسیاری از مشکلات فعلی کشور را در بر می‌گیرد. بدون تعارف باید گفت، آماری که وزارت نیرو از راندمان نیروگاه‌ها اعلام می‌نماید، دقیق‌تر از آماری که در نیروگاه‌ها وجود دارد نیست و من به زحمت می‌توانم تصور کنم راندمان نیروگاه‌های حرارتی به ۳۳ درصد برسد.



مهندس محمد چوپانکاره یکی از افراد با تجربه و صاحب‌نظر در صنعت برق ایران است که بازنشستگی از سازمان توسعه برق ایران در سال ۱۳۸۰ و پس از ۳۵ سال فعالیت علمی و صنعتی او را از فعالیت‌های صنعتی و تحقیقاتی بازنشسته ننموده است. او همچنان به فعالیت‌های درخور توجه خود در صنعت و به ویژه صنعت برق ایران ادامه می‌دهد به گونه‌ای که در سال ۱۳۸۱ به عنوان پیشکسوت نمونه ملی از سوی رئیس جمهور مورد تقدیر قرار گرفته است. فعالیت‌های علمی متعدد وی نیز به ارایه مقاله‌های مختلف در کنفرانس‌های علمی و اخذ تقدیر نامه‌های متعدد از وزیر نیرو منجر شده است.

مهندس چوپانکاره که با وجود بیش از چهاردهه فعالیت در صنعت برق خود را هنوز کارآموزی در صنعت برق می‌داند، دارای فوق‌لیسانس مهندسی ماشین‌سازی از آلمان است. از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۷۰ به مدت ده سال مجری نوسازی و مدیر بهره‌برداری نیروگاه طوس بوده و از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۲ مدیر عاملی شرکت اتانیر وابسته به برق منطقه‌ای خراسان را بر عهده داشته است. از سال ۱۳۷۲ تا هشت سال بعد از آن عناوینی مانند مجری نیروگاه نیشابور و همزمان مجری نیروگاه طبس و به صورت موقت مجری نیروگاه خوی، مجری مجموعه ورزشی صنعت برق خراسان، مجری افتخاری پلانتاریوم حکیم عمر خیام نیشابور و مشاور بازسازی و عضو هیئت مدیره نیروگاه طرشت را در کارنامه کاری خود باقی گذاشته است. وی در سال ۱۳۷۷ حکم مدیر نمونه صنعت برق کشور را از وزیر نیرو دریافت نموده است.

فعالیت‌های پس از بازنشستگی او نیز از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲ در مقام معاون اجرایی شرکت ماهتاب گستر در پروژه نیروگاه رودشور و از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۸ به عنوان مدیرعامل و مجری طرح کارخانه سیمان زاوه و نیروگاه مربوطه ادامه یافته است. مهندس چوپانکاره از سال ۱۳۸۸ مدیرعاملی شرکت بهره‌وری انرژی دشت خاوران را بر عهده دارد و آن‌چه در ادامه خواهید خواند حاصل گفت‌وگویی است که مردادماه ۹۲ در دفتر کار وی انجام شده است.

بنابراین ما دو سوم انرژی را در نیروگاه‌ها تلف می‌کنیم و این نخستین مشکل است و بی‌درنگ مشکل دوم یعنی آلودگی محیط زیست به عنوان یک مسئله حاد بروز می‌کند.

تصور ارزش حرارتی که در نیروگاه‌ها از دست می‌رود عمق این مطلب را روشن می‌کند. اگر فرض کنیم ۷۰ هزار مگاوات ظرفیت نیروگاهی داشته باشیم، ۱۴۰ هزار مگاوات حرارت از دست می‌دهیم که در یک ضرب و تقسیم به کیلو کالری و سپس به آنتالپی یا ارزش حرارتی، متوجه می‌شویم به طور تقریبی برای هر مگاوات تولید انرژی الکتریکی ۲۰۰ متر مکعب گاز از دست می‌دهیم و ناچاریم با این اعداد نجومی به گونه‌ای برخورد کنیم که راندمان نیروگاه‌ها را بالا ببریم و روشن است که در نیروگاه‌های حرارتی نمی‌توانیم راندمان را بالا ببریم چون ماشین‌های حرارتی فقر راندمان دارند.

قانون بسیار خوبی در وزارت نیرو و شرکت توانیر وجود دارد که براساس آن باید مولدهای مقیاس کوچک (DG) و تلفیق تولید برق و حرارت (CHP) مورد توجه قرار گیرند تا هم‌زمان با تولید برق از حرارت ایجاد شده در جهت گرمایش یا سرمایش در منازل و صنعت استفاده نمود و ما نمونه‌ای از آن را در یک منطقه شهری در مشهد اجرا نموده‌ایم.

● اگر ممکن است در مورد نیروگاه‌ها یا مولدهای مقیاس کوچک توضیحات بیشتری ارائه بفرمایید و اشاره‌ای به تاریخچه این نیروگاه‌ها، کاربردها و جایگاه آن‌ها داشته باشید.

○ نیروگاه مقیاس کوچک یا به اختصار DG بنا به تعاریف جدید به نیروگاه‌هایی اطلاق می‌شود که با استفاده از یک و یا چند مولد تا ۲۵ مگاوات برق تولید می‌کنند و به شبکه محلی متصل می‌شوند. نخستین ماشین حرارتی ساخت دست بشر یک پمپ تخلیه آب با بازده مفید یک درصد بود که در معادن ذغال سنگ به کار گرفته شد و به وسیله یک مهندس انگلیسی به نام توماس ساوری اختراع شد و بنابراین نخستین چالش بشر در رابطه با ماشین حرارتی دستیابی به راندمان بالاتر بود که تا امروز همچنان ادامه دارد و این موضوع برای صنعت برق دنیا که بزرگ‌ترین استفاده‌کننده از ماشین‌های حرارتی است بسیار مهم است.

بر اساس اسنادی که اتحادیه نیروگاه‌داران بزرگ اروپا (VGB) منتشر نموده است تا سال ۲۰۲۰ نیروگاه‌های سیکل ترکیبی که در میان ماشین‌های حرارتی بالاترین بازده را دارند با تمهیدات ویژه و هزینه‌های بالا، در سواحل سرد دریاهای شمال اروپا به راندمان ۶۴٪ نایل خواهد آمد که باز هم اتلاف انرژی، قابل ملاحظه است و این در حالی است که معضل اتلاف انرژی در نیروگاه‌های مقیاس کوچک با روش CHP به صورت معجزه آسایی حل شده است؛ بازده یا راندمان این نیروگاه‌ها بسته به نوع استفاده‌ای که از انرژی حرارتی آن می‌شود گاهی اوقات تا ۹۵٪ افزایش می‌یابد، ضمن این که انرژی برق تولیدی این نیروگاه‌ها که به شبکه محلی وصل می‌شود فاقد تلفات انتقال در شبکه‌های بالا دستی توزیع و فوق توزیع می‌باشد. سابقه بهره‌گیری از این نوع نیروگاه‌ها در دنیا به تاریخ احداث صنایع بزرگ باز می‌گردد. صنایعی که هم‌زمان با برق به حرارت نیاز داشته‌اند.

یکی از قدیمی‌ترین نمونه موجود این نیروگاه‌ها در ایران که پیش‌تر «Cogeneration» نامیده می‌شد در کارخانه قند آبکوه مشهد موجود

است. این کارخانه نزدیک به ۸۰ سال قدمت دارد. در دوره جدید با محوری شدن مسائل زیست محیطی نظیر فاجعه گازهای گلخانه‌ای، گرم شدن کره زمین و نابودی تدریجی منابع محدود آب شیرین جهان، این نوع نیروگاه با عنوان «CHP» در حوزه وسیع تری مورد استفاده قرار گرفته است.

اینک در هلند بیش از ۵۰۰۰ گلخانه بزرگ در بلوک‌های ۴ تا ۱۰ هکتاری برای تولید گل و صیفی‌جات به مولدهای مدرن گازسوز (gasengine) تجهیز شده‌اند. بازده این موتورهای نسبتاً خوب و به ۴۶٪ می‌رسند و هم‌زمان در ازاء تولید هر مگاوات ساعت برق، یک مگاوات حرارت که معادل ۸۶۰,۰۰۰ کیلو کالری می‌باشد نیز تولید می‌شود. ارزش حرارتی این انرژی بیشتر از یکصد متر مکعب گاز طبیعی است که می‌تواند حرارت مورد نیاز حداقل یک هکتار گلخانه را در سرمای پاییز تر از ۱۵- درجه زمستان تامین نماید.

کشورهای دیگر جهان هر یک بسته به نیاز در موارد زیادی از این روش استفاده نموده‌اند؛ به عنوان مثال در مناطق سردسیر سبیری نیروگاه‌های CHP در خدمت گرم نمودن آب برکه‌ها و حوضچه‌های بزرگ یخ هستند که پرورش ماهی را امکان‌پذیر نمایند. در جمع‌بندی کلی، CHP در حوزه‌های متفاوت صنعتی، خدماتی، کشاورزی و هر کجا که مصرف انرژی مطرح باشد، مانند تامین حرارت در فرایند تولید کارخانه‌ها، تهویه مطبوع ساختمان‌ها، گلخانه‌ها، سردخانه‌ها، گرم‌خانه‌ها، آب شیرین‌کن‌ها و فرآوری زباله و ... کاربرد دارد.

● به قانون وزارت نیرو در زمینه مولدهای مقیاس کوچک اشاره کردید، با معرفی که از این مولدها داشتید و بر اساس تجربه سایر کشورها آیا توجه کافی به این نوع نیروگاه‌ها وجود دارد؟

○ به جرات می‌توان گفت که تدوین دستورالعمل توسعه مولدهای مقیاس کوچک که به منظور عمومی شدن تولید برق توسط نیروگاه‌های کوچک و استفاده هم‌زمان از گرمای آن تدوین و در بهمن ماه سال ۱۳۸۷ جهت اجرا به شرکت توانیر ابلاغ گردید، یکی از موفقی‌ترین و به روزترین روش‌های بهینه‌سازی انرژی و در نتیجه صرفه‌جویی کلان در مصرف انرژی از یک سو و کاهش قابل توجه آلاینده‌های زیست‌محیطی از سوی دیگر بود. ولی با کمال تأسف عملیاتی شدن این دستورالعمل با اشتباهات فاحشی همراه بود که از همان آغاز موفقیت آن را خدشه‌دار نمود و متأسفانه با ادامه اشتباهات در شکل‌های دیگر می‌رود تا این طرح موفقی و کارساز در این کشور با غروبی غم‌انگیز روبرو گردد.

● این اشتباهات چه بوده است، ممکن است بیشتر توضیح بدهید؟

ببینید من بیش از چهل سال در خدمت صنعت برق بوده‌ام و شناخت کامل و دقیقی از همکاران صدیق این صنعت دارم و فقط به عنوان یک کارشناس اعتقاد دارم در آغاز کار امتیازات پیش‌بینی شده برای احداث نیروگاه‌های مقیاس کوچک بدون مطالعه کافی در اختیار افرادی گذاشته شد که کوچک‌ترین اطلاعی از صنعت برق و امر پیچیده نیروگاه‌سازی نداشتند یا برخی دیگر افراد سودجویی بودند که فقط به عقد قرارداد و دریافت مبلغ پیش‌فروش برق بسنده نمودند بدون اینکه قصد نیروگاه‌سازی داشته باشند و متأسفانه سرنوشت گروهی که صادقانه با دریافت مبلغ پیش‌فروش برق یا بدون آن اقدام به ساخت و بهره‌برداری نیروگاه نمودند غم‌انگیزتر



در مورد بحران آب در ایران آمارهایی ارایه نمود که در گذشته سازمان ملل هم در گزارش‌های خود در مورد آن هشدار داده بود و آن این است که ایران یکی از کشورهایی است که در ۳۰ سال آینده به دلیل نبود آب غیرمسکونی خواهد شد.

ما در تامین آب شرب مشهد به شدت به سد دوستی وابسته هستیم، چه بخواهیم و چه نخواهیم از ابتدا مشخص بود که با یک پروتکل و موافقتنامه نمی‌شود و نباید آب یک شهر چند میلیونی را به یک کشور بیگانه وابسته نمود. الان هم دوباره صحبت بر سر این است که از مناطق دوردست مانند تاجیکستان آب بیاورند که این موضوع هم از نظر امنیتی درست نیست. در سایر نقاط کشور هم مشکل کم‌آبی به خصوص با خشکسالی‌های اخیر بیش از گذشته خود را به شکل بحران نشان داده است.

بحران زاینده‌رود، بحران تامین آب شرب شهر یزد، دریاچه هامون و بحران دریاچه ارومیه همه حکایت تلخی است که باید برای آن چاره‌ای اندیشیده شود.

به راستی چه باید کرد؟ پاسخ این است؛ همان کاری که در دنیا مرسوم است، همان کاری که در حاشیه خلیج فارس انجام می‌شود. طبق آمار موجود بیش از ۱۰۰ آب شیرین‌کن در کشورهای حاشیه خلیج فارس وجود دارد و عربستان با احداث آب شیرین‌کن‌های متعدد منجمله در یک مورد در ثانیه ده و نیم متر مکعب یعنی دو برابر آب سد دوستی آب شیرین تولید می‌کند. بهترین راه کار این است که در حاشیه رودخانه‌ها و دریاچه‌هایی که داریم یک نیروگاه بزرگ احداث کنیم و از حرارت آن برای آب شیرین‌کن استفاده کنیم، تمام کار آن را هم می‌شود در داخل کشور انجام داد.

ایجاد نیروگاه، ساخت لوله، لوله‌کشی و همه کارهای پیرامونی آن می‌تواند منجر به اشتغال‌زایی فراوان در کنار تامین آب مورد نیاز کشور می‌شود و بازگشت سرمایه بسیار سریعی را هم به دنبال دارد. سیستم با دریاچه هامون مرکز تولید و انبار غلات ایران بوده و ۴۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد که به سادگی و با انجام یک پروژه می‌توان ۱۰ متر مکعب آب را به این سمت هدایت نمود و با روش‌های جدید دوباره انبار غلات ایران را احیاء نمود.

اگر در حاشیه جنوبی خلیج فارس و دریای عمان ۵۰ آب شیرین‌کن بزرگ وجود دارد ما باید در شمال آن ۵۰ آب شیرین‌کن داشته باشیم.

● به این ترتیب به نظر شما هم‌زمان با رفع مشکل انرژی می‌توان مشکلات بخش‌های دیگر مانند کشاورزی را نیز حل نمود؟

○ کشور ایران در عرض جغرافیایی ۲۵-۴۰ درجه شمالی قرار گرفته و به لحاظ جغرافیایی یک فلات مرتفع محسوب می‌شود و متوسط بارش آن ۳۰٪ متوسط جهانی است و بیشتر مناطق ایران پوشیده از بیابان و نیمه بیابان می‌باشد.

با نگاهی به تاریخ متوجه می‌شویم که اقوام مختلف بشری برای برطرف نمودن نیاز به آب به سوی رودخانه‌ها کوچ می‌نموده‌اند. در همین حال اقوام هوشمند ایرانی با خلقت یکی از شاهکارهای مهندسی جهان یعنی قنات‌ها با حفر صدها هزار کیلومتر قنات آب را به دورترین نقاط ایران رسانده‌اند و ساکن شده‌اند.

متأسفانه اینک بعد از هزاران سال افزایش جمعیت، ناکارآمدی کشاورزی، سیاست‌گذاری‌های غلط و دخل و تصرفات و برداشت بی

است چرا که شرکت توانیر قادر به انجام تعهدات مالی خود در ازاء برق تولیدی این‌گونه نیروگاه‌ها نیست. این ناتوانی همراه با اشتباه، پیامدهای ناخوشایندی داشته است.

● چه راهکاری برای رفع این مشکل پیشنهاد می‌کنید؟
○ در هر صورت نجات نیروگاه‌های مقیاس کوچک که از الزامات اجتناب‌ناپذیر صنعت برق در آینده کشور می‌باشد مستلزم پشتیبانی هر چه سریع‌تر شرکت توانیر و همچنین اعمال پاره‌ای اصلاحات در دستورالعمل‌های مربوط به مولدهای مقیاس کوچک است. به‌عنوان مثال این‌گونه نیروگاه‌ها نمی‌توانند در مراکز شهرها و مجموعه‌های تجاری که بیش‌ترین مشکلات برق‌رسانی را برای دولت ایجاد نموده‌اند، برق تولیدی خود را به قیمت تجاری بفروشند، مشکل این است که شرکت‌های توزیع موظف هستند به عنوان مثال، برق بخش کشاورزی را با قیمت پایین تامین کنند و همین خلط مطلب بین وظایف قانونی دستگاه‌های دولتی از یک سو و مقرون به صرفه نبودن تعرفه‌های فروش برق برای نیروگاه‌های کوچک و عدم برگشت سرمایه، این بنگاه‌های نوپای اقتصادی را به نابودی خواهد کشاند.

● از دیگر محورهایی که در ابتدا به عنوان مشکلات اصلی به آن‌ها اشاره کردید، قدری فاصله گرفتیم، اگر موافق هستید ادامه بحث را دنبال کنیم.

○ یکی دیگر از چالش‌های مهم مسئله آب است که البته مشکل بسیاری از کشورها هم هست. به تازه‌گی آقای دکتر عیسی کلانتری

رویه آب‌های زیرزمینی که بیش از ۹۰٪ آن برای کشاورزی سنتی مصرف می‌شود و وضعیت مملکت را به لحاظ زیست محیطی به جایی رسانده است که در ردیف بالای کشورهای قرار دارد که ظرف سی سال آینده غیر مسکونی خواهد شد. اینک نسل‌های جدید ایران باید هوشیاری و کفایت خود را برای نجات کشور به اثبات برساند. خوشبختانه ایران دارای منابع و ذخایر عظیم گاز طبیعی می‌باشد پس باید سرنوشت انرژی، آب، کشاورزی مدرن و متراکم گل‌خانه و حل معضلات زیست محیطی را به هم پیوست. در نیروگاه‌های CHP بالاترین سهم بازدهی یا راندمان متعلق به نیروگاه‌های آب شیرین کن است چرا که تمام حرارت اتلافی نیروگاه در طول سال صرف شیرین کردن آب می‌شود. بنابراین تولید برق همراه با آب شیرین در ساحل دریاهای شمال و جنوب با روش CHP و انتقال آن به مناطق مختلف و در داخل کشور باز یافت آب‌های لب شور، آب‌های آلوده و فاضلاب‌ها با همان روش باید به صورت جدی دنبال شود و از سوی دیگر برداشت آب از سفره‌های بحرانی و فوق بحرانی تمام نقاط کشور برای کشت‌های غیر اقتصادی به سرعت متوقف شود، روی کرد کشاورزی متراکم گلخانه‌ای باز هم با استفاده از CHP و فرآوری زباله که در دنیا از آن به عنوان طلای کثیف نام برده می‌شود و برای ما و معدود جنگل‌های شمال بالای سیاه به حساب می‌آید باید در راس تفکرات و عملکردهای ما باشد.

همان‌طور که اشاره شد CHP فقط برای نیروگاه‌های مقیاس کوچک کاربرد ندارد، نیروگاه الشعب عربستان با ظرفیت ۲۴۰۰ مگاوات از محل باز یافت حرارت خود ۱۰/۵ متر مکعب آب در ثانیه شیرین می‌کند و نیروگاه دیگری در منطقه الجبل عربستان آب مورد نیاز شهر ریاض را در ۳۲۰ کیلومتری ساحل تامین می‌نماید. اجرای چنین طرح‌هایی می‌تواند ایران عزیز را از ورطه نابودی ناشی از بی‌آبی و ضایعات زیست محیطی و انسانی نجات دهد و برای جوانان برومند و مردم غیور این سرزمین پاک، کار و زندگی شرافتمندانه‌ای ایجاد نماید.

● با توجه به مطالعاتی که در این زمینه دارید آیا کشورهای دیگری هم در منطقه کارهای مشابه انجام داده‌اند و آیا ما با توان فنی داخل می‌توانیم این مشکلات را برطرف کنیم؟
○ چرا نتوانیم؟ نخستین بار ۳۰ سال پیش وقتی به عنوان مجری نیروگاه توس یک حلقه چاه در آن‌جا حفر کردیم، در ۷۰ متری به آب رسیدیم. بعد از یک سال یکی از کارشناسان شرکت ژاپنی که در ساخت نیروگاه توس مشارکت داشت گفت: «شما چه کار می‌کنید که سطح آب در یک سال ۳۰ سانتی‌متر پایین رفته است.»
گفتم چه اشکالی دارد؟ گفت: «زیر زمین که اقیانوس نیست، آب‌های سطحی و سفره‌های آب زیرزمینی بسیار خطرناک هستند و باید مواظب باشید.» موضوع دیگری که برای آن‌ها جالب بود، چون شرکت ساختمانی بودند نقشه قنات‌های زیر نیروگاه را تهیه کرده بودند و می‌گفت: «ما نمی‌دانیم چگونه هفت رشته قنات از زیر و روی هم عبور کرده‌اند و چگونه در طی سالیان دراز خاک شسته نشده است، این یک شاهکار مهندسی است.»

با چه وسیله‌ای زیر زمین تشخیص می‌دادند که قنات‌ها چگونه از روی هم رد شوند بدون این‌که هم‌دیگر را قطع کنند. من در بررسی‌هایی که انجام دادم متوجه دانش و فناوری روز ایرانیان در

آن دوره شدم. آمار قنات‌های ایرانیان شگفت‌انگیز است. تعداد ۳۰ تا ۴۰ هزار رشته قنات با طول ۳۵۰ هزار کیلومتر یعنی فاصله زمین تا کره ماه را ما قنات حفر کرده‌ایم و آبی که حاصل می‌شده برابر یک سوم آب نیل (بعضی وقت‌ها برابر رود نیل) است. رود نیل به ده کشور آفریقایی آب می‌رساند و بیشتر آن‌هم در شن‌زارهای سودان ناپدید می‌شود.

این که ما در یک مقطعی از تاریخ کاری به این بزرگی برابر بزرگ‌ترین و طویل‌ترین رودخانه دنیا انجام داده‌ایم و اکنون در آستانه نابودی قرار گرفته‌ایم قابل قبول نیست. آیا فرزندان ما از ایرانیان ۳۰۰۰ سال پیش علم کمتری دارند؟ آن زمان انرژی کشف نشده بود ولی جمعیت کم بود اما امروز ما دومین منابع گاز دنیا را در اختیار داریم و باید این منابع را برای تولید برق به حاشیه دریاهای رودخانه‌ها هدایت کنیم و با استفاده از CHP نیروگاه‌های بزرگ و آب شیرین کن راه‌اندازی کنیم.

در زمان قذافی یکی از کارهای خوبی که در لیبی انجام شد، پیدا کردن منابع آب در جنوب کشور لیبی و انتقال آن از طریق یک رینگ به دور تادور لیبی بود و یک نشریه در این مورد نوشته بود «بزرگ‌ترین رودخانه ساخت بشر». در انجام این پروژه مهندسان ارشد ایرانی حضور داشتند.

ما چرا نتوانیم این کار را انجام دهیم، سواد و علم آن را داریم، نیروی جوان و متخصص و کارآمد آن را داریم، منابع عظیمی را هم در اختیار داریم.

● ضمن تشکر از جناب‌عالی که با حوصله به سوالات پاسخ دادید، اگر ممکن است یک جمع بندی کلی از مباحثی که مطرح شد را بفرمایید.

○ ابتدا از این که فرصتی فراهم شد تا قسمتی از آن‌چه به تجربه‌های ۴۰ ساله این‌جانب در صنعت برق مربوط می‌شود مطرح شود تشکر می‌کنم بی‌شک انسان‌های علمی‌تر و آگاه‌تری هستند که در آینده در این نشریه بحث‌های مهم‌تری مطرح خواهند کرد که مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

من هم چنان ارتباطم را با منابع علمی و سایر کشورهای دنیا حفظ کرده‌ام و سعی می‌کنم در مسایل روز دنیا تحقیق و تفحص کنم. امروزه موضوع بهینه‌سازی و افزایش بهره‌وری در راس کارها قرار دارد. بنابراین من ۴ محور را محورهای اساسی می‌دانم که اگر در مجلس، دولت یا هر نهاد تصمیم‌گیرنده دیگری مطرح شود هیچ‌کس مخالف آن نیست:

- تهیه آب برای کشور با استفاده از روش‌هایی مانند استفاده از آب شیرین‌کن‌های نیروگاهی.
- ارتقاء کشاورزی از روش‌های سنتی به روش‌های شناخته شده علمی.
- جلوگیری از اتلاف بی‌حساب و کتاب انرژی از طریق استفاده از نیروگاه‌های مقیاس کوچک و تولید هم‌زمان برق و حرارت.
- بازسازی طبیعت از روش‌های مختلف مانند بازیابی علمی طلای کثیف یا همان زباله که علاوه بر از بین بردن جنگل‌های معدودی که داریم، چهره شهرها را نیز سیاه نموده است و تولید برق از زباله که در سراسر جهان مورد توجه است.



نگاهی به وضعیت پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی در حوزه مهندسی برق-الکترونیک

نقاط قوت و نقاط ضعف

به نظر نگارنده مهمترین نقاط قوت پژوهشگران در داخل کشور استعداد خیلی خوب دانشجویان تحصیلات تکمیلی و اساتید آنان و نیز سطح خوب آموزش در حوزه ی مهندسی برق-الکترونیک در دانشگاههای داخلی است.

یکی از دلایل این مدعا، پذیرفته شدن دانشجویان در آزمون های دشوار ورودی دانشگاهها در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد (و بعضا دکتری) آن هم در یکی از پرطرفدارترین رشته ها یعنی مهندسی برق است. دلیل دیگر، سطح کیفی خیلی خوب مقالات منتشر شده توسط همین دانشجویان در نشریات و کنفرانسهای معتبر بین المللی است. همچنین، موفقیت چشمگیر آن دسته از دانشجویانی که برای ادامه ی تحصیل در مقاطع کارشناسی ارشد و یا دکتری به خارج از کشور سفر می کنند، دلیل سوم این ادعا است. اما از مهمترین نقاط ضعف می توان به نبودن سیاست گذاری پژوهشی مشخص، دست کم در گرایش مهندسی الکترونیک، اشاره کرد. متأسفانه موضوعات پژوهشی تعریف شده در قالب پایان نامه های تحصیلات تکمیلی عمدتاً مبتنی بر تجربیات اعضای محترم هیات علمی دانشگاهها و معمولاً بی ارتباط یا کم ارتباط با نیازهای واقعی صنعت داخلی و یا حتی موضوعات مورد بحث در مرزهای بین المللی دانش است. به نظر می رسد عمده ی پروژه های صنعتی تعریف شده در قالب پایان نامه های تحصیلات تکمیلی از سوی صنایع دفاعی تعریف می شوند و سایر صنایع از این فرصت بی بهره و یا کم بهره هستند.

از دیگر نقاط ضعف پژوهش در حوزه ی مهندسی الکترونیک، فرهنگ ضعیف پژوهشی در داخل کشور است. متأسفانه گهگاه مشاهده می شود که مقالات نه به عنوان نتیجه ای از پژوهش انجام شده و با هدف به اشتراک گذاشتن آن نتایج با دیگر پژوهشگران، بلکه صرفاً با هدف انتشار مقاله و افزایش تعداد مقالات (و افزایش کمیت رزومه) منتشر می شوند. این چنین پژوهشهایی که صرفاً با هدف مقاله انجام می شوند، نه به آبروی کشور عزیزمان در سطح بین المللی کمکی می کنند و نه گره ای از مشکلات صنعت باز می کنند. البته نمی توان نقش مهم نحوه ی ارزیابی پایان نامه ها (که مقاله سهم موثری در نمره ی ارزیابی پایان نامه دارد) را در ترویج این فرهنگ نادیده گرفت.

رضا لطفی/ دانشیار گروه برق/ دانشگاه فردوسی مشهد

متأسفانه یا خوشبختانه هر ساله به خیل مشتاقان ادامه ی تحصیل در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری در داخل کشور افزوده می شود که رشته ی مهندسی برق نیز از این قاعده مستثنا نیست.

هدف از این نوشتار، ارزیابی نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت ها و تهدیدهای پژوهش در حوزه ای است که فعلاً در دانشگاه های کشور با عنوان مهندسی الکترونیک شناخته می شود.

به نظر نگارنده که مستقیماً ۱۶ سال با این موضوع در دانشگاه های مختلف کشور سر و کار داشته است، وقت آن رسیده که فارغ از هر گونه افراط و تفریط، نگاهی دقیق تر به وضعیت پایان نامه های کارشناسی ارشد و دکتری مهندسی برق در شاخه ی تخصصی مهندسی الکترونیک (با تعریف مرسوم در دانشگاه های ایران) بیاندازیم.

لازم به ذکر است که بررسی وضعیت آموزش این رشته در دو سطح تحصیلات تکمیلی و کارشناسی هم با وجود تاثیرگذاری بر موضوع پژوهش، مجال جداگانه ای می طلبد.

ذکر این نکته ضروری است که مطالبی که بیان خواهند شد هر چند ممکن است در گرایشهای دیگر مهندسی برق نیز مصداق هایی داشته باشند، اما صرفاً پیرامون گرایش مهندسی الکترونیک نوشته شده اند.



گاهی مشاهده می‌شود که در یک ژورنال بی اعتبار خارجی که اتفاقاً در فهرست نشریات ISI قرار دارد و برای هر مقاله چند صد دلار هزینه چاپ دریافت می‌کنند، تعداد زیادی مقاله ایرانی چاپ شده است. متأسفانه در این موضوع افراطها و تفریطهای فراوانی مشاهده می‌شود؛ از یک سو پژوهش‌های بسیاری از اساتید و دانشجویان مهندسی برق کشورمان، در لبه‌های دانش و تکنولوژی قرار دارد و نتایج این پژوهشها در بهترین کنفرانسها و ژورنال‌های بین‌المللی ارائه و چاپ می‌شوند اما هیچ تلاشی از سوی همین پژوهشگران توانمند برای سوق دادن بخشی از پژوهشهای خود به سمت کاربردهای داخلی نمی‌شود (که البته مشکلات فراوانی در این زمینه وجود دارد).

از سوی دیگر گاهی شنیده می‌شود که بعضی‌ها، مقالات معتبر علمی را آجرهای کاخ‌های استعمار خوانده‌اند و پژوهش را صرفاً با رویکرد کاربرد داخلی و صنعتی دارای معنا دانسته‌اند. نه بی توجهی به نیازهای داخلی صحیح است و نه نفی ضرورت انتشار مقالات ارزشمند در عرصه بین‌المللی.

دقت در ارزشیابی پایان‌نامه‌های کاربردی-صنعتی ضروری است به گونه‌ای که توجه به «کاربردی بودن» نباید ناقض تعاریف واقعی و بین‌المللی پایان‌نامه‌ی ارشد و به ویژه رساله دکتری شود.

نقطه‌ی ضعف دیگری که در پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی گرایش مهندسی الکترونیک شایان ذکر است، افراط در تعریف عناوین مرتبط با طراحی مدارهای مجتمع بدون امکان ساخت آنها و بدون توجه به واقعی بودن نتایج شبیه‌سازی‌های صورت گرفته و در نظر گرفتن ملاحظات ساخت در هنگام طراحی می‌باشد.

شاهد مثال این مدعا، برخی مقالات ارسال شده به کنفرانس مهندسی برق ایران است که متأسفانه کوچک‌ترین توجهی به ملاحظات ساخت در هنگام انجام شبیه‌سازی‌ها نداشته‌اند. استفاده از القاگرهایی با ضریب کیفیت بی‌نهایت و یا منابع جریان کاملاً ایده‌آل نمونه‌هایی از این اشتباهات هستند!

فرصت‌ها و تهدیدها

نیازهای پژوهشی صنایع که با تشدید تحریم‌های بین‌المللی افزایش یافته‌اند، فرصت ارزشمندی را در اختیار دانشگاه‌ها قرار داده‌اند تا بخشی از پژوهشهای خود را که عمدتاً در قالب پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری صورت می‌گیرد، به این بخش اختصاص دهند.

به نظر می‌رسد تحریم‌های وضع شده علیه کشورمان، با وجود همه‌ی مشکلاتی که ایجاد کرده‌اند، دست کم از نظر ایجاد صورت مساله‌های کاربردی برای دانشگاه‌ها و همچنین اقبال صنایع به دانشگاه‌ها، یک فرصت برای پژوهشگران ما ایجاد می‌کنند.

واقعیت دیگری که به نظر نگارنده بیشتر تهدید است تا فرصت، افزایش تعداد دانشجویان تحصیلات تکمیلی می‌باشد. فرهنگ علاقه به تحصیل تا بالاترین مدارج علمی (که بیشتر به خاطر مدرک گرایی است و نه عشق و علاقه به علم و تحقیق)، باعث شده است که نه تنها با افزایش کمیت دانشجویان تحصیلات تکمیلی رشد کیفی پژوهش در دانشگاه‌ها از رشد کمی تعداد دانشجو عقب بماند، بلکه صنعت نیز از فارغ التحصیلان باهوش و با انگیزه کمتر بهره‌برد.

مراقب باشیم وظیفه‌ی ما در دانشگاه‌ها، تربیت مهندس الکترونیک است بیش از آن که معلم الکترونیک باشد.

یکی دیگر از چالش‌های پژوهش در مهندسی برق کشورمان، آسان نبودن تعریف پایان‌نامه کارشناسی ارشد یا رساله دکتری بر مبنای نیازهای داخلی است؛ از طرفی پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری ملزوماتی دارند که باید به دقت در جلسات دفاع به آنها دقت کرد و از سوی دیگر بسیاری از نیازهای فعلی صنعت ما در لبه دانش و فناوری نیستند.

نگارنده خود به این چالش اذعان دارد و از این رو معتقد است حرکت به سوی تعریف پایان‌نامه‌های نیاز محور باید با دقت و دور از هرگونه افراط و تفریط انجام شود؛ ضمن آن که ضروری است دانشگاه‌ها و پژوهشکده‌های موفق‌تر در این حوزه تجربیات خود را به اشتراک بگذارند.

چند پیشنهاد

در این نوشتار، سخن از این گفتیم که «ما در دانشگاه‌ها خوب مساله حل می‌کنیم اما معمولاً مساله‌ی خوب حل نمی‌کنیم.» بر این اساس، اولین پیشنهاد من با توجه به اهمیت تعریف «صورت مساله»، ایجاد کمیته‌های تعریف مساله در صنایع با کمک اساتید دانشگاه‌ها است.

اگر بتوانیم به تدریج مسائل صنعتی را به خوبی در قالب پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی و خصوصاً پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد تعریف کنیم، قدم بزرگی در راستای حل نیازهای جامعه و ارتباط بهتر صنعت و دانشگاه برداشته ایم. پیشنهاد دیگر، که البته در حال حاضر در برخی دانشگاه‌های کشور وجود دارد، ارائه‌ی مشوقه‌های لازم برای پایان‌نامه‌های کاربردی-صنعتی است.

نهایتاً تأکید می‌کنم باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی کنیم که سهم مسائل صنعتی در پژوهش‌ها و پایان‌نامه‌های دانشگاهی، به تدریج افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا کند و گرنه سرمایه‌های انسانی و مادی دانشگاه‌ها را هدر داده‌ایم.

امید است که به یاری پروردگار متعال، ما مهندسين الکترونیک در دانشگاه‌ها و صنایع بتوانیم گامهای بلندی در جهت عزت اسلام و استقلال ایران اسلامی برداریم.



توسعه ظرفیت نیروگاهی کشور توأمان با افزایش راندمان با استفاده از بیع متقابل (ماده ۱۹ قانون بودجه ۹۲)

مصطفی رجبی مشهدی / شرکت برق منطقه‌ای خراسان
حمیدرضا حسینی آشتیانی / شرکت مشاوره مدیریت آریانا

پیش گفتار

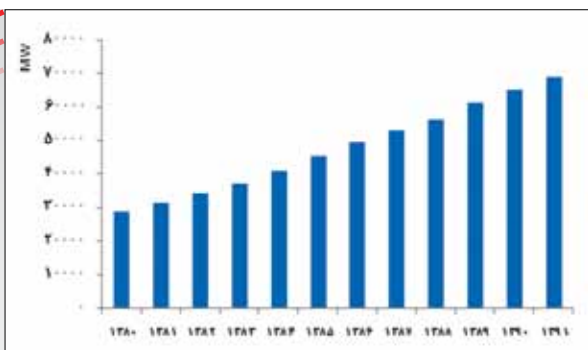
کمبود نقدینگی در سال‌های اخیر، صنعت برق را دچار بحران‌های جدی کرده است. دیگر خبر بدهی سنگین صنعت برق به پیمانکاران، آن قدر تکراری شده است که توجه چندانی را به خود جلب نکرده و کمتر به اخبار راه می‌یابد. راه کارهای متعددی برای حل این معضل اندیشیده شده است، اما در عمل نتیجه دلخواه را نداشته است. در بودجه سال ۱۳۹۰ فروش نیروگاه‌های کشور و پرداخت بدهی‌های صنعت برق به بانک‌ها و پیمانکاران از طریق درآمد حاصل از آن پیش‌بینی شد. تعدادی نیروگاه نیز به فروش رفت، ولی درآمد آن، راهی به صنعت برق پیدا نکرد. به این ترتیب، دارایی‌های صنعت برق کاهش یافت و بدهی‌های آن همچنان روند افزایشی خود را حفظ کرد. در سه دهه گذشته و با رشد لجام گسیخته متوسط سالیانه ۸ درصدی پیک و مصرف برق، توسعه نیروگاه‌های گازی (با توجه به امکان راه‌اندازی سریع و با سرمایه‌گذاری محدود) در برنامه توسعه نیروگاهی کشور قرار داشته است. پس از به مدار آمدن واحدهای گازی، انتظار می‌رفت تکمیل واحد بخار آنها نیز در دستور کار قرار گیرد؛ اما متأسفانه کمبود نقدینگی مزمن در سال‌های گذشته باعث به تأخیر افتادن انجام این مهم شده است. در نتیجه تکمیل بخش بخار بیش از ۱۶۰۰۰ مگاوات واحد گازی (۱۰۰ واحد گازی ۱۵۹ یا ۱۶۲ مگاوااتی) در کشور با تأخیر روبرو شده است. از سوی دیگر، از آنجا که درآمد نیروگاه‌ها با قراردادهای «تبدیل انرژی» تامین می‌شود، بخش خصوصی

نیز در سال‌های گذشته انگیزه‌ای برای تکمیل واحد بخار نیروگاه‌های سیکل ترکیبی خود نداشته است.

این کاستی‌ها همگی از جریان نقدینگی نامناسب صنعت برق ناشی می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که با شیوه فعلی مدیریت نقدینگی صنعت برق، بدون احتساب هزینه سوخت مصرفی نیروگاه‌ها، سالانه بیش از ۱۱۰۰۰ میلیارد تومان کسری بودجه به صنعت برق تحمیل می‌شود. راه حل ریشه‌ای برون‌رفت از این بحران، اصلاح اقتصاد برق است. قانون بودجه سال ۱۳۹۲ قدمی در این راه برداشته است و با طرح‌ریزی سازوکار «بیع متقابل» برای احداث واحدهای بخار، تکمیل نیروگاه‌های سیکل ترکیبی را اقتصادی کرده است. لازم به یادآوری است که چنین سازوکاری پیشتر برای توسعه واحدهای پتروشیمی در وزارت نفت به کار گرفته شده است. فقدان این سازوکار در سال‌های قبل باعث شده است که سالانه میلیاردها دلار سوخت مایع برای تولید برق مصرف شود، اما تأمین همین میزان منابع برای سرمایه‌گذاری در تکمیل نیروگاه‌های سیکل ترکیبی فراهم نباشد. آنچه که در ادامه می‌آید، مروری بر ظرفیت‌های بند ۱۹ قانون بودجه ۱۳۹۲ برای اصلاح این مکانیسم است؛ امید که اجرای اثربخش این ماده قانونی، فرصتی برای نوسازی و اصلاح صنعت نیروگاهی کشور باشد.

مروری بر توسعه ظرفیت سبد نیروگاهی کشور

در ده سال گذشته ظرفیت نیروگاهی کشور رشد پرشتابی داشته است و به طور متوسط سالانه ۳۶۰۰ مگاوات به آن افزوده شده است این روند از سال ۱۳۸۰ به بعد در شکل (۱) نشان داده شده است. به



شکل ۱- روند رشد ظرفیت نیروگاه‌های کشور

این ترتیب، ظرفیت منصوبه نیروگاهی کشور در پایان سال ۱۳۹۱، با ترکیب مورد اشاره در جدول (۱)، به عدد ۶۸۹۴۰ مگاوات رسید. بررسی دقیق تر سبد نیروگاهی کشور، که سال گذشته را با تولید ناویژه ۲۵۴ تراوات ساعتی (میلیارد کیلووات ساعتی) برق پشت سر گذاشته، حاکی از واقعیت‌های ناخوشایند زیر است.

جدول ۱- سبد نیروگاه‌های کشور در سال ۱۳۹۱

نوع نیروگاه	ظرفیت اسمی MW	سهم در تولید برق کشور
تجدیدپذیر (بادی و خورشیدی)	161	1%
اتمی	1020	
برق آبی بزرگ	9745	5%
بخاری	15829	36%
گازی	26002	26%
سیکل ترکیبی	15744	32%
دیزلی	439	0%
جمع	68940	100%

راندمان پایین

همان‌گونه که از جدول (۱) برمی‌آید، از مجموع ۵۸۰۱۳ مگاوات نیروگاه حرارتی کشور، ۲۶۰۰۲ مگاوات نیروگاه گازی بوده که راندمان متوسط آنها، تنها معادل ۳۱ درصد است. این موضوع موجب شده که راندمان متوسط نیروگاه‌های حرارتی کشور معادل ۳۷/۲ درصد شود (شکل ۳). برای اصلاح این شرایط، اقتصادی‌ترین راهکار، تکمیل واحد بخار نیروگاه‌های گازی با هدف تبدیل آنها به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی است. در این میان بیش از ۱۶۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی کشور (۱۰۰ واحد گازی ۱۵۹ یا ۱۶۲ مگاواتی) قابلیت تبدیل به نیروگاه سیکل ترکیبی را دارند.

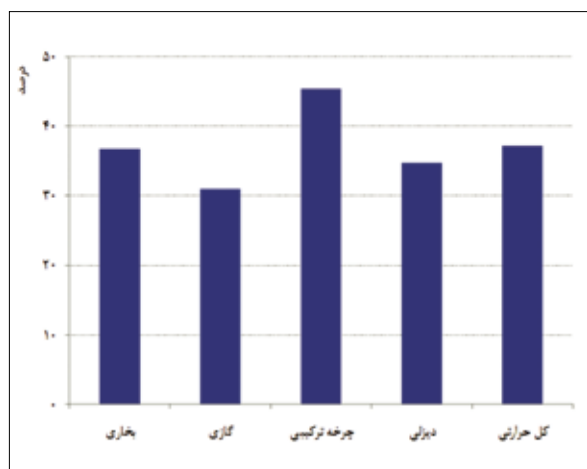
جدول ۲- ترکیب سوخت نیروگاه‌های کشور در سال ۱۳۹۱

سوخت	میزان مصرف در سال ۱۳۹۱	ارزش حرارتی هر واحد (کیلوکالری)	سهم هر سوخت	هزینه سوخت مایع به قیمت	هزینه تأمین سوخت مایع
نفت گاز (میلیون لیتر)	7768	9232	13%	0.715	5/5
نفت کوره (میلیون لیتر)	14450	9790	25%	0.461	6/6
گاز طبیعی (میلیون مترمکعب)	40692	8600	62%	-	-

لازم به یادآوری است که تکمیل واحد بخار نیروگاه‌های گازی و بهبود دست‌کم ۱۵ درصدی راندمان حرارتی آنها (از ۳۱ درصد به ۴۶ درصد)، موجب می‌شود که ۸۰۰۰ مگاوات به ظرفیت نیروگاهی کشور اضافه شده و در عمل با تولید ۴۳ تراوات ساعت برق (بدون سوخت اضافی)، مشکل مصرف سرسام‌آور سوخت مایع در نیروگاه‌ها نیز به طور ریشه‌ای حذف شود.

افزایش آلاینده‌گی صنعت برق کشور

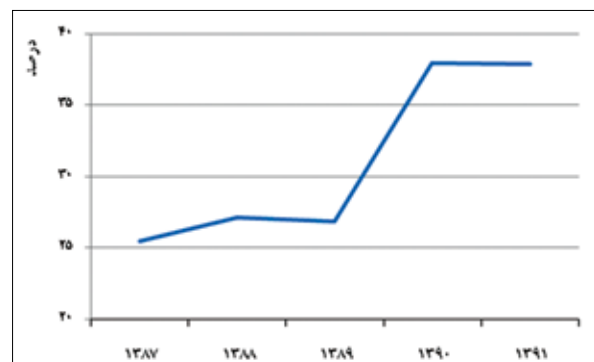
افزایش سهم سوخت مایع در تولید برق از یک‌سو و عدم افزایش کافی راندمان نیروگاه‌های کشور از سوی دیگر، موجب شده است



شکل ۳- راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور در سال ۱۳۹۱

افزایش روزافزون مصرف سوخت مایع

با وجود آن که سوخت پایه نیروگاه‌های حرارتی کشور گاز طبیعی است، متأسفانه به واسطه محدودیت‌های موجود برای تأمین گاز در کشور، مصرف سوخت مایع نیروگاه‌ها در سال‌های اخیر افزایش چشمگیر یافته و در سال ۱۳۹۱ سهم آن به ۳۸ درصد رسیده است (شکل ۲). مطابق داده‌های جدول (۲)، مصرف ۲۲ میلیارد لیتر سوخت مایع در سال گذشته، هزینه‌ای بالغ بر ۱۲ میلیارد دلار بر بخش انرژی کشور تحمیل کرده است. لازم به یادآوری است که مصرف سوخت مایع علاوه بر تحمیل هزینه‌های گزاف تأمین آن (در مقابل هزینه اقتصادی تر گاز) به صنعت برق کشور، مشکلات و تبعات ناگواری را در بهره‌برداری و طول عمر نیروگاه‌ها در آینده، موجب می‌شود.



شکل ۲- روند افزایش سهم سوخت مایع در تولید برق

جدول ۳- دستاوردهای تکمیل واحد بخار نیروگاه‌های گازی کشور

دستاوردهای سالیانه احداث یک واحد بخار 160MW	دستاوردهای احداث 50 واحد بخار 160MW و تکمیل سیکل ترکیبی نیروگاه‌های کشور	توضیحات تکمیلی
تولید برق بدون سوخت (مجانی) GWh	860	معادل 22٪ کل مصرف برق کشور یا معادل مصرف برق 75٪ خانه‌های کشور
کاهش مصرف نفت‌گاز (میلیون لیتر)	220	معادل 8 میلیارد دلار
کاهش انتشار دی‌اکسید کربن (تن)	615.000	کاهش 20 درصدی آلودگی صنعت برق (معادل 2 برابر توان جذب دی‌اکسید کربن در جنگل‌های شمال کشور)
کاهش سایر آلوده‌ها (تن)	5700	285.000

نظر گرفتن سود سرمایه‌گذار در دوران احداث واحد بخار) نیاز دارد. امید می‌رود که با لحاظ شدن این ظرفیت قانونی در بودجه سال‌های آینده و با فرض ۲ سال زمان برای تکمیل هر واحد بخار، تکمیل سیکل ترکیبی نیروگاه‌های گازی کشور تا سال ۱۳۹۵ و نیل به دستاوردهای مورد اشاره در جدول (۳) ممکن شود.

سخن پایانی

افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور مطابق با برنامه توسعه پنجم، بدون تکمیل نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ممکن نیست. انجام این مهم، علاوه بر بهبود راندمان نیروگاه‌ها، مصرف سوخت مایع در نیروگاه‌های کشور را نیز به شدت کاهش می‌دهد. آنچه در این مستند به آن پرداختیم، مروری اجمالی بر ظرفیت‌های ماده ۱۹ قانون بودجه سال ۱۳۹۲ برای سرمایه‌گذاری در صنعت نیروگاهی کشور و تکمیل سیکل ترکیبی نیروگاه‌های گازی بود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بازگشت سرمایه برای احداث واحدهای بخار نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، یکساله پس از آغاز بهره‌برداری است. ما امیدواریم اقدام موثر وزارت نیرو برای استفاده از ظرفیت‌های قانونی

بودجه سال جاری (از جمله ماده ۱۹)، همراه با تدابیری برای اجرای اثربخش راهکارهای زیر، التیامی برای بحران نقدینگی صنعت برق کشور باشد.

- اصلاح سهم صنعت برق از درآمد حاصل از فروش برق یا پرداخت مابه‌التفاوت قیمت تمام شده و قیمت تکلیفی فروش برق
- اصلاح ودیعه برقراری انشعاب برق متناسب با قیمت تمام شده واقعی آن (که از سال ۱۳۸۳ تاکنون ثابت مانده است)
- استفاده مؤثر از منابع صندوق توسعه ملی برای هزینه‌های توسعه‌ای صنعت برق
- توجه جدی به مدیریت مصرف برق با هدف جبران بخشی از هزینه‌های سرمایه‌گذاری جدید موردنیاز صنعت

مراجع

ترازنامه انرژی ۱۳۸۸- وزارت نیرو - معاونت انرژی
سایت سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور www.ifco.ir
گزارشات مستند شرکت ملی نفت ایران و شرکت ملی گاز ایران



کلید واژه: سیستم واسط بین انسان و ماشین (HMI)، تشخیص شکل، بخش‌بندی تصویر، فیلتر همومورفیک

۱- مقدمه

وظیفه یک سیستم واسط بین انسان و ماشین^(۱) (HMI) انتقال فرآیند کاربر به ماشین می‌باشد. از این منظر، HMI-ها گستره وسیعی از سیستم‌ها از صفحه کلید ساده کامپیوتر تا دسته هدایت پرواز در کابین خلبان را شامل می‌شوند.

در سال‌های اخیر، محققین تلاش گسترده‌ای در زمینه توسعه HMI-های زیستی و فیزیولوژیک داشته‌اند؛ که از آن جمله می‌توان به سیستم‌های مبتنی بر پردازش سیگنال EEG [۱] اشاره نمود. وجه مشترک سیستم‌های اخیر در استفاده حداقلی از تجهیزات جانبی برای درک فرامین کاربر می‌باشد. در این میان، استفاده از پردازش تصویر برای تشخیص وضعیت بدن [۲، ۳]، وضعیت چشم [۴] و یا حالت لب [۵] کاربر مورد توجه بوده است.

به طور کلی، ارزیابی حرکات انسان با استفاده از پردازش تصاویر ویدیویی می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در زمان و هزینه گردد [۶].

در این مقاله، برای برقرار ارتباطی هوشمندانه بین انسان و ماشین، سیستمی مبتنی بر بینایی کامپیوتری ارائه شده است. قبلاً محققین در کارهای دیگری نیز از بینایی ماشین برای برقرار ارتباط با ماشین سود جست‌اند. به عنوان مثال، Fukumoto و همکاران [۲] با استفاده از محاسبات جهت قرارگیری انگشتان و دست توانسته‌اند رابطی میان انسان و کامپیوتر ایجاد نمایند.

همچنین Wren و همکاران [۳] از مدلی دو بعدی بدن و دست‌ها برای این منظور استفاده نموده‌اند. در سیستم پیشنهادی، با تشخیص موقعیت ایستادن کاربر در مقابل دوربین دستور مورد نظر وی تشخیص داده می‌شود. به این ترتیب که بر روی زمین و در مقابل دوربین یک صفحه شاخص (شکل ۱ را ببینید) نصب می‌گردد.

بر روی صفحه شاخص تعداد پنج دکمه مجازی برای چهار دستور مجزا در نظر گرفته شده است (یک دکمه بی‌اثر می‌باشد). با قرار گرفتن کاربر بر روی هر دکمه سیستم به صورت خودکار دستور متناظر با آن دکمه را اجرا خواهد نمود. ما از روش پیشنهادی برای توسعه یک سامانه اطلاع‌رسانی در محیط Microsoft Power Point استفاده کرده‌ایم. در این سیستم، کاربر می‌تواند با انتخاب دکمه

روشی جدید برای ارتباط بین انسان و ماشین

بر پایه پردازش تصویر و کاربرد آن در توسعه یک سامانه اطلاع‌رسانی کاربردی

سهیل اخلاقی امیری / دانشکده مهندسی / دانشگاه فردوسی مشهد
مشهد / ایران / s.akhlaghiamiri@gmail.com
مهدی سعادت‌مند طرزجان / مرکز پژوهشی مهندسی پزشکی / دانشکده مهندسی
دانشگاه فردوسی مشهد / مشهد / ایران / saadatmand@um.ac.ir

در این مقاله، یک سیستم جدید برای ارتباط بین ماشین و انسان (HMI) بر مبنای پردازش تصویر ارائه شده است. در سیستم پیشنهادی، فرآیند مورد نظر کاربر براساس موقعیت قرارگیری وی در مقابل دوربین اجرا می‌شود. به این ترتیب که یک صفحه شاخص شامل تعدادی دکمه مجازی در مقابل دوربین قرار گرفته و سیستم پیشنهادی با پردازش شکل دکمه‌های مجازی، موقعیت کاربر بر روی صفحه شاخص را تشخیص می‌دهد. همچنین، در این مقاله، برای تشخیص شکل دکمه‌ها، یک الگوریتم تشخیص شکل جدید بر پایه پردازش تغییرات زاویه لبه ارائه شده است.

الگوریتم پیشنهادی در برابر انتقال و تغییرات نور صحنه مقاوم می‌باشد. از روش HMI پیشنهادی برای توسعه یک سامانه اطلاع‌رسانی کاربردی در محیط Microsoft Power Point استفاده شده است؛ به طوری که کاربر با ایستادن بر روی دکمه‌های مجازی مناسب می‌تواند چهار فرمان مختلف شامل نمایش فایل بعدی، نمایش فایل قبلی، نمایش اسلاید بعدی و نمایش اسلاید قبلی را در محیط مذکور اجرا نماید. نتایج تجربی بیانگر عملکرد مناسب و کارایی سیستم پیشنهادی در شرایط نوری مختلف می‌باشد.

به آن دکمه، اجرا خواهد شد. در ادامه مقاله، در بخش (۲)، الگوریتم پیش پردازشی مورد استفاده برای ایجاد تصویر لبه شرح داده خواهد شد. بخش (۳) به شرح الگوریتم تشخیص شکل پیشنهادی اختصاص یافته است. در بخش (۴)، نتایج تجربی ذکر گردیده و در نهایت، بخش (۵) به نتیجه گیری می پردازد.

۲- پیش پردازش

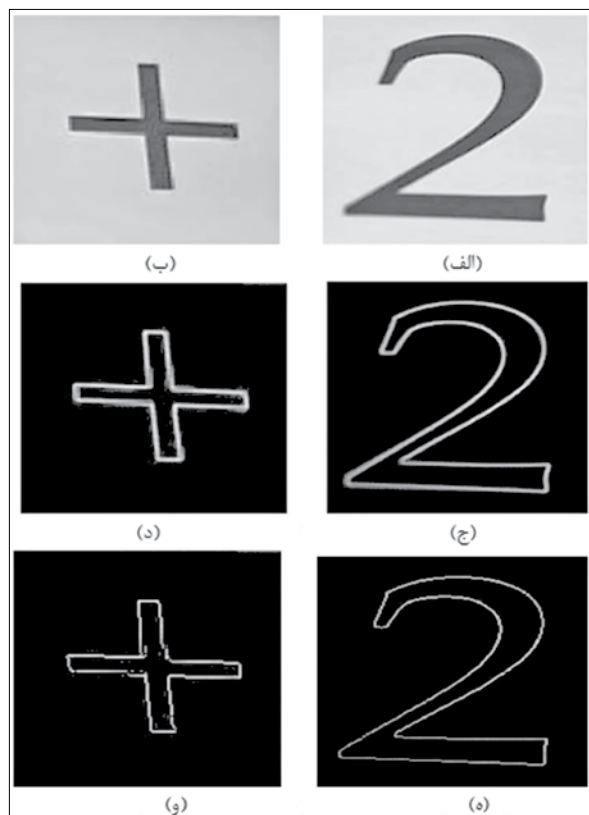
می دانیم که لبه ها مهمترین ویژگی سطح پایین توصیف کننده شکل در تصویر می باشند [۱۵]. لذا، با پردازش لبه ها می توان به توصیف مناسبی از شکل دست یافت. برای ایجاد تصویر لبه، ابتدا با استفاده از فیلتر گوسی نویز تصویر تضعیف می شود.

برای محاسبه گرادیان تصویر از فیلتر Sobel استفاده شده است. به طور کلی، اندازه و زاویه بردار گرادیان در هر پیکسل از تصویر $g(x,y):R^2 \rightarrow R$ ، به ترتیب، مطابق معادله های زیر محاسبه می گردد:

$$\|\nabla g(x,y)\| = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad (1)$$

$$\varphi(x,y) = \tan^{-1}\left(\frac{g_x}{g_y}\right) \quad (2)$$

به عنوان مثال، در شکل (۲)، اندازه گرادیان برای تصویری از صفحه شاخص نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، لبه ها



شکل ۲- (الف)، (ب) تصویر دو دکمه مجازی در صفحه شاخص و (ج)، (د) تصاویر اندازه گرادیان حاصل از اعمال فیلتر سوبل بر آنها و (ه)، (و) تصاویر نازک سازی شده متناظر با استفاده از روش NMS.



شکل ۱- نمایی از سیستم HMI پیشنهادی شامل صفحه شاخص و دوربین.

مجازی مناسب فایل مورد نظر خود را در نرم افزار مربوطه بارگذاری نموده و یا اسلایدهای آن را به دلخواه نمایش دهد. کاربری سیستم پیشنهادی ساده و جذاب بوده و نیازمند بکارگیری تجهیزات خاص (مانند صفحه کلید، دسته یا ماوس) نمی باشد.

در سیستم پیشنهادی، برای تشخیص دکمه های مجازی (رسم شده بر روی صفحه شاخص) به صورت مقاوم در برابر تغییرات نور محیط و جایابی، از یک الگوریتم جدید بر پایه ویژگی شکل استفاده شده است. به طور کلی، تشخیص شکل یکی از مباحث مهم در حوزه پردازش تصویر می باشد. معمولاً روش های تشخیص شکل از ویژگی های سطح پایین مانند روشنایی پیکسل ها و یا ویژگی های سطح بالاتر از قبیل مرز [۷]، خطوط [۸]، گوشه ها [۹] و ناحیه [۱۰] استفاده می نمایند. به عنوان مثال، Anuar و همکاران [۱۰] از ممان های زرنیک برای توصیف شکل استفاده نموده اند. ممان های زرنیک نسبت به دوران نامتغیر بوده اما وابسته به تغییر مقیاس و انتقال می باشند.

Wei و همکاران [۱۱] با نداشت تصویر ورودی بر دایره ای با شعاع مشخص، روشی برای حل مشکل فوق پیشنهاد نموده اند. در کار دیگری، Wei و همکاران [۱۲] از انتقال تمام نواحی تصویر به فضای قطبی-شعاعی برای بهبود عملکرد ممان های زرنیک استفاده نموده اند. همچنین، تحقیقات متعددی نیز بر مبنای ویژگی های سطح بالا برای توصیف شکل انجام شده است.

به عنوان مثال، Lu و همکاران [۱۳] از اجزای مرز شی مطلوب برای ایجاد بردار ویژگی به منظور توصیف شکل استفاده نموده اند. برخی محققین نیز برای توصیف شکل، ارتباط بین پاره خط های لبه را مورد توجه قرار داده اند. به عنوان مثال، Prakash و همکاران [۱۴] از روش فوق برای تشخیص گوش در تصویر نیم رخ انسان استفاده نموده اند.

در سیستم ارائه شده در این مقاله، ابتدا تصویر شاخص به صورت دستی، به پنج ناحیه تجزیه می شود تا موقعیت کلی کلیدهای مجازی در تصویر مشخص گردد. سپس، در هر ناحیه بردار ویژگی پیشنهادی برای توصیف شکل استخراج می گردد. به عبارت دقیق تر، برای هر پیکسل لبه (با اندازه گرادیان قابل قبول)، پیکسل های لبه در یک همسایگی مشخص انتخاب شده و زاویه پاره خط های مرتبط کننده آنها به صورت مرتب در یک بردار ویژگی قرار می گیرند. سپس، بردار ویژگی نهایی به عنوان توصیفی از شکل دکمه مجازی ذخیره می گردد. در حین اجرا، بردار ویژگی فوق به روش مشابه در هر فریم دوباره محاسبه شده و با بردار ویژگی مبنا (ذخیره شده) مقایسه می گردد. در صورتی که اختلاف آنها از یک حد مشخص بیشتر باشد، به منزله آن است که کاربر بر روی دکمه مذکور ایستاده و در نتیجه فرمان مربوط

در نهایت، تصویر گرادیان نازک‌سازی با استفاده از روش [۱۷] Otsu آستانه‌گذاری می‌گردد تا تصویر باینری لبه بدست آید.

۳- الگوریتم تشخیص شکل پیشنهادی

بردار ویژگی پیشنهادی برای تشخیص شکل، در حقیقت توصیفگر تغییرات شیب لبه‌ها در محدوده شکل مورد نظر می‌باشد. برای این منظور، محدوده کاندیدای شکل (مثلاً در اینجا محدوده مشخص شده برای هر دکمه مجازی بر روی صفحه شاخص) در تصویر باینری لبه، پیکسل به پیکسل از بالا به پایین و از چپ به راست اسکن می‌شود تا زوج پیکسل‌های لبه همسایه (با مقدار غیر صفر در تصویر باینری لبه) با فاصله اقلیدوسی r مشخص گردند (در اینجا به صورت تجربی $r=5$ انتخاب شده است).

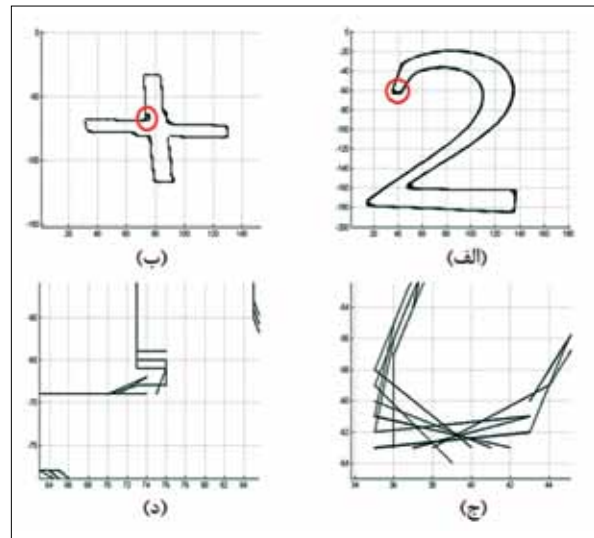
برای هر زوج پیکسل لبه، شیب پاره‌خط متصل کننده آنها به یکدیگر محاسبه شده و به ترتیب جستجو در بردار ویژگی پیشنهادی قرار می‌گیرد. توجه شود که برای هر زوج پیکسل همسایه، تنها یک شیب به بردار ویژگی اضافه می‌شود.

برای ساده‌سازی بیشتر، شیب‌های در محدوده ۴۵- تا ۴۵+ درجه با مقدار ۱ و سایر شیب‌ها با مقدار صفر مشخص می‌گردند. لذا، بردار ویژگی پیشنهادی تنها شامل مقادیر صفر و یک خواهد بود.

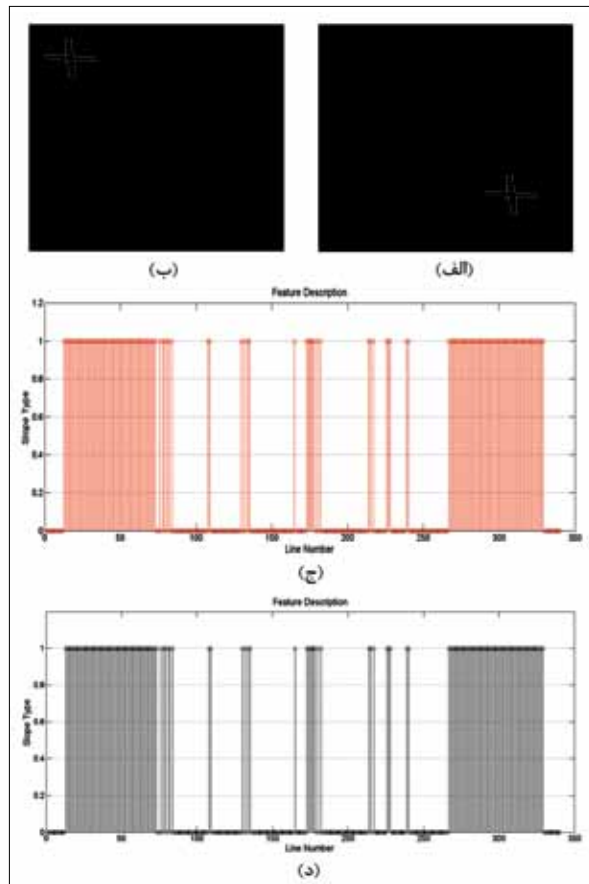
به عنوان مثال، در شکل‌های (۳-الف) و (۳-ب)، پاره‌خط‌هایی حاصل برای دکمه‌های مجازی مربوط به شکل‌های (۲-الف) و (۲-ب) نشان داده شده است. به‌علاوه، بردارهای ویژگی حاصل به ترتیب در

لزوما در تصویر گرادیان تیز نمی‌باشند (یعنی ضخامت آنها بیش از یک پیکسل است). این افزونگی اطلاعات می‌تواند منجر به کاهش دقت الگوریتم توصیف شکل بر مبنای اطلاعات لبه گردد.

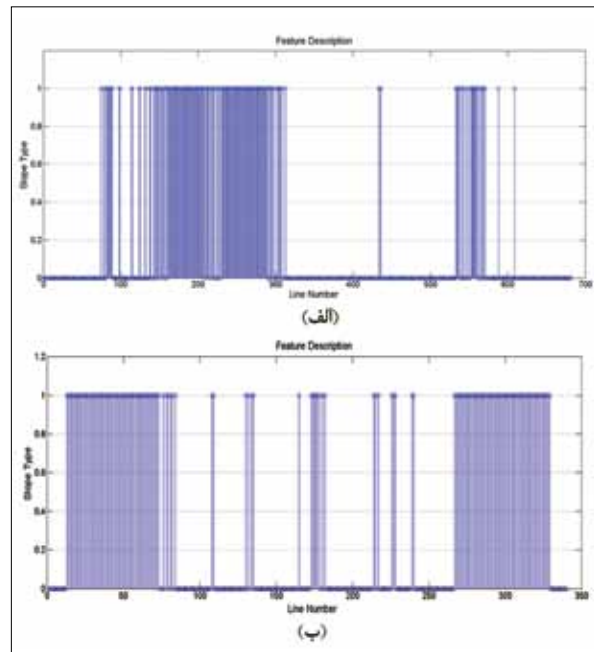
برای نازک‌سازی گرادیان در محل لبه‌ها از روش حذف مقادیر غیرماکزیمم^(۳) (NMS) [۱۶] استفاده نموده‌ایم. به این ترتیب که، در تصویر گرادیان، هر پیکسل که اندازه گرادیان آن از هر دو همسایه آن در راستای بردار گرادیان (معادله ۲) بیشتر نباشد، صفر می‌گردد. شکل‌های (۲-ه) و (۲-و) نتیجه اعمال پردازش فوق را، به ترتیب، بر تصاویر گرادیان شکل‌های (۲-ج) و (۲-د) نشان می‌دهند.



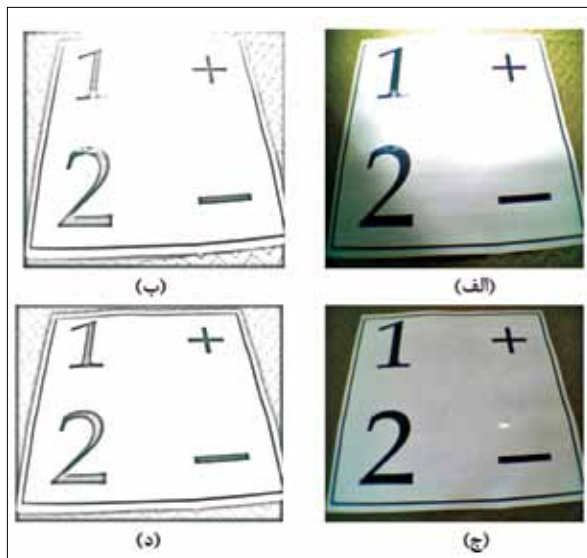
شکل ۳- (الف)، (ب) پاره‌خط‌های حاصل از اعمال روش پیشنهادی بر دکمه‌های مجازی نشان داده شده در به ترتیب شکل‌های (۲-الف) و (۲-ب) و (ج)، (د) بزرگنمایی پاره‌خط‌های حاصل در نواحی مشخص شده با دایره در بخش‌های (الف) و (ب).



شکل ۴- (الف)، (ب) بردارهای ویژگی بدست آمده برای دکمه‌های مجازی نشان داده شده در، به ترتیب، شکل‌های (۲-الف) و (۲-ب).



شکل ۵- (الف)، (ب) تصویر دکمه مجازی + در دو موقعیت مختلف و (ج)، (د) بردارهای ویژگی متناظر با آنها.



شکل ۶- الف)، (ج) دو تصویر با شرایط نوری مختلف از صفحه شاخص و (ب)، (د) نتیجه اعمال فیلتر هومومورفیک بر آنها.

سپس، با حذف اطلاعات باند پایین تصویر لگاریتمی عملاً $i(x,y)$ به شدت تضعیف می‌گردد. ما برای این منظور، از فیلتر DoG^(۵) استفاده نموده‌ایم:

$$g(x,y) = \ln f(x,y) - G_{\sigma}(x,y) * \ln f(x,y) \quad (۶)$$

که در آن G_{σ} کرنل گوسی با انحراف معیار σ است. اکنون، با اعمال تابع نمایشی، تصویر از حالت لگاریتمی خارج می‌شود:

$$\hat{f}(x,y) = \exp(g(x,y)) \quad (۷)$$

اکنون برای محاسبه بردار ویژگی به جای تصویر f از تصویر بهبود یافته $\hat{f}$ استفاده می‌شود.

در شکل (۶) نتیجه اعمال پردازش فوق بر دو تصویر شاخص با شرایط نوری مختلف نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود اثر سایه در تصاویر حاصل از فیلتر هومومورفیک حذف شده است.

۴- نتایج تجربی

در این مقاله، کلیه نتایج تجربی با استفاده از یک کامپیوتر شخصی با پردازنده AMD Athlon(tm) 64 Processor 3800 و حافظه 2.4GHz و 3GB انجام شده است.

الگوریتم تشخیص شکل پیشنهادی در عین سادگی بسیار کارا نیز می‌باشد؛ به طوری که زمان پردازشی در محیط برنامه‌نویسی MATLAB برای هر فریم ۱،۰۷ ثانیه بوده است. از سیستم HMI پیشنهادی برای توسعه یک سامانه اطلاع‌رسانی کاربردی استفاده شده است. در شکل (۷)، صفحه اصلی نرم‌افزار تهیه شده برای این سامانه نشان داده شده است.



شکل ۷- صفحه اصلی نرم افزار تجاری توسعه داده شده

شکل‌های (۴-الف) و (۴-ب) نشان داده شده‌اند.

پس از محاسبه بردار ویژگی پیشنهادی برای شکل مورد نظر، به منظور تشخیص شکل در تصویر از معیار فاصله مجموع قدر مطلق اختلاف^(۳) استفاده می‌شود.

به عبارت دقیق‌تر، اگر بردار ویژگی مبنا f_r (با طول n_r) و بردار ویژگی مورد ارزیابی f_i (با طول n_i) باشد، اختلاف دو بردار ویژگی مطابق معادله زیر محاسبه می‌گردد:

$$D(f_r, f_i) = \frac{1}{n_r} \left(|n_r - n_i| + \sum_{k=1}^{\min(n_r, n_i)} |f_{r,k} - f_{i,k}| \right) \quad (۳)$$

که در آن، $f_{r,k}$ بیانگر عنصر k -ام بردار ویژگی f_r می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود، اختلاف طول دو بردار ویژگی به عنوان خطا در تابع هزینه منظور شده است.

بدیهی است که وقتی بردارهای ویژگی f_r و f_i هم‌طول بوده و همه عناصر آنها مشابه باشند، مقدار تابع هزینه (۳) صفر خواهد بود. چنانچه $D(f_r, f_i)$ از مقدار آستانه θ بزرگتر باشد، دو بردار ویژگی متفاوت تلقی شده و در سیستم HMI پیشنهادی فرمان مربوط به کلید مجازی مورد نظر اجرا خواهد شد.

۳-۱- عدم تغییر با انتقال

با توجه به اینکه بردار ویژگی شامل زاویه شیب زوج پیکسل‌های همسایه می‌باشد، می‌توان انتظار داشت که با جابجایی شی در تصویر، بردار ویژگی پیشنهادی تغییر چندانی نداشته باشد. این خصوصیت در شکل (۵) با ذکر مثال نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، تصویربرداری از دکمه مجازی + در دو موقعیت مختلف، منجر به بردارهای ویژگی یکسان شده است.

۳-۲- عدم تغییر با تغییر نور صحنه

با توجه به اینکه بردار ویژگی پیشنهادی در حقیقت توصیفگر تغییرات زاویه شیب محلی لبه‌های شکل می‌باشد، می‌توان انتظار داشت که در برابر تغییرات نور محیط مقاومت خوبی داشته باشد. بویژه آنکه تغییرات نور صحنه معمولاً منجر به تغییر شکل لبه‌ها نمی‌شوند. با وجود این، ما برای بهبود عملکرد الگوریتم پیشنهادی در برابر تغییرات روشنایی صحنه (بویژه اثر سایه)، از فیلتر هومومورفیک^(۴) [۱۸] استفاده نموده‌ایم. بر این اساس، مدل روشنایی-انعکاس برای هر تصویر $f(x,y)$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$f(x,y) = i(x,y)r(x,y) \quad (۴)$$

که در آن، $i(x,y)$ نور تابشی از منبع و $r(x,y)$ ضریب انعکاس صحنه است. با توجه به اینکه تغییرات نور منبع در محدوده دید دوربین بسیار کم می‌باشد، لذا، $i(x,y)$ تابعی با باند فرکانسی بسیار محدود می‌باشد. فیلتر هومومورفیک برای حذف تغییرات روشنایی منبع، ابتدا لگاریتم تصویر را محاسبه نموده تا ترکیب مولفه‌های مربوط به تابش منبع و بازتابش صحنه به صورت خطی درآید:

$$\ln f(x,y) = \ln i(x,y) + \ln r(x,y) \quad (۵)$$

سیستم پیشنهادی قادر است با تشخیص موقعیت قرارگیری کاربر در یک صفحه شاخص، فرآیند مورد نظر وی را اجرا نماید. برای تشخیص کلیدهای مجازی موجود بر روی صفحه شاخص نیز یک الگوریتم تشخیص شکل جدید ارائه گردید. روش پیشنهادی علیرغم سادگی نسبت به تغییرات نور و انتقال مقاوم می‌باشد. اگرچه از سیستم HMI پیشنهادی در این مقاله، برای توسعه یک سامانه اطلاع‌رسانی استفاده شده، اما دامنه کاربرد آن می‌تواند بسیار گسترده‌تر باشد و فرآیند بسیار متنوع‌تری را پوشش دهد.

قدردانی

بدین وسیله نویسندگان مقاله از شرکت بینایی ماشین و پردازش تصویر بیناتوس (سهامی خاص) مستقر در دانشگاه فردوسی مشهد به خاطر حمایت از این پروژه تشکر می‌نمایند.

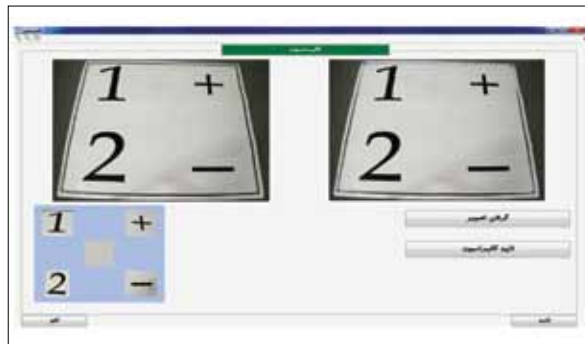
بی‌نوشت‌ها

1. Human-machine interface (HMI)
2. Non-maximum suppression (NMS)
3. Sum absolute difference
4. Homomorphic filter
5. Difference of Gaussian (DoG)

مراجع

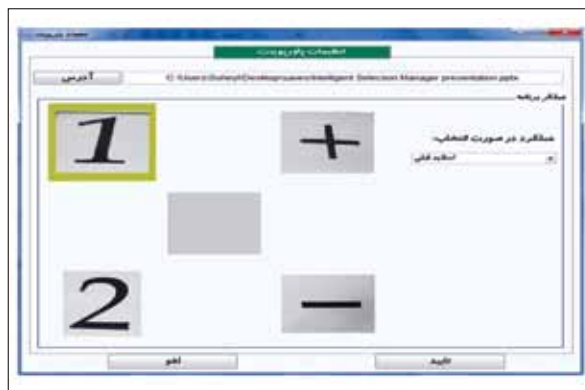
- [1] G. E. Fabiani, D. J. McFarland, J. R. Wolpaw, and G. Pfurtscheller, "Conversion of EEG activity into cursor movement by a brain-computer interface (BCI)," IEEE Trans. Neural Systems and Rehabilitation Engineering, vol. 12, no. 3, pp. 331-338, 2004.
- [2] M. Fukumoto, Y. Suenaga, and K. Mase, "Finger-pointer: pointing interface by image processing," Computers & Graphics, vol. 18, no. 5, pp. 633-642, 1994.
- [3] C. R. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell, and A. P. Pentland, "Pfinder: real-time tracking of the human body," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 7, pp. 780-785, 1997.
- [4] T. W. Victor, J. L. Harbluk, and J. A. Engström, "Sensitivity of eye-movement measures to in-vehicle task difficulty," Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 8, no. 2, pp. 167-190, 2005.
- [5] R. Navarathna, P. Lucey, D. Dean, C. Fookes, and S. Sridharan, "Lip detection for audio-visual speech recognition in-car environment," Int'l Conf. Information Science, Signal Processing and their Applications, pp. 598-601, 2010.
- [6] C. Wu and Y. Liu, "Development and evaluation of an ergonomic software package for predicting multiple-task human performance and mental workload in human-machine interface design and evaluation," Computers & Industrial Engineering, vol. 56, no. 1, pp. 323-333, 2009.
- [7] N. Paragios and R. Deriche, "Geodesic active contours and level sets for the detection and tracking of moving objects," IEEE Trans. PAMI, vol. 22, no. 3, pp. 266-280, 2000.
- [8] A. Mitchie and S. Seida, "Interpretation of structure and motion from line correspondence," IEEE Conf. Pattern Recognition, 1986.
- [9] K. Skifstad and A. Jain, "Illumination independent change detection for real world sequence," Computer Vision, Graphics, and Image Processing, vol. 46, no. 3, pp. 387-399, 1989.
- [10] F. M. Anuar, R. Setchi, and Y.-K. Lai, "Trademark image retrieval using an integrated shape descriptor," Expert Systems with Applications, vol. 40, no. 1, pp. 105-121, 2013.
- [11] C.-H. Wei, Y. Li, W.-Y. Chau, and C.-T. Li, "Trademark image retrieval using synthetic features for describing global shape and interior structure," Pattern Recognition, vol. 42, no. 3, pp. 386-394, 2009.
- [12] C.-Y. Wee and R. Paramesran, "On the computational aspects of Zernike moments," Image and Vision Computing, vol. 25, no. 6, pp. 967-980, 2007.
- [13] C. E. Lu, N. Adluru, H. Ling, G. Zhu, and L. J. Latecki, "Contour based object detection using part bundles," Computer Vision and Image Understanding, vol. 114, no. 7, pp. 827-834, 2010.
- [14] S. Prakash and P. Gupta, "A rotation and scale invariant technique for ear detection in 3D," Pattern Recognition Letters, vol. 33, no. 14, pp. 1924-1931, 2012.
- [15] M. Sonka, Image Processing, Analysis, and Machine Vision. Thompson Learning, 3rd ed., Toronto, 2008.
- [16] C. Sun and P. Vallotton, "Fast linear feature detection using multiple directional non-maximum suppression," J. Microscopy, vol. 234, no. 2, pp. 147-157, 2009.
- [17] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, vol. 9, no. 1, pp. 62-66, 1979.
- [18] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing. Prentice-Hall, 2nd ed., 2003.

پس از اجرای نرم‌افزار و قرارگیری صفحه شاخص و دوربین در موقعیت مورد نظر، کاربر باید با استفاده از پنجره کالیبراسیون، موقعیت صفحه شاخص را برای نرم‌افزار مشخص نماید (شکل ۸).



شکل ۸- پنجره کالیبراسیون

نرم‌افزار به صورت خودکار موقعیت دکمه‌های مجازی را تشخیص داده و بردار ویژگی مبنا برای هر یک را محاسبه و ذخیره‌سازی می‌کند. سپس، کاربر باید فرآیند مربوط به هر یک از دکمه‌های مجازی را مشخص کند (شکل ۹).



شکل ۹- صفحه تنظیم فرامین مربوط به دکمه‌های مجازی

این فرآیند شامل نمایش فایل بعدی، نمایش فایل قبلی، نمایش اسلاید بعدی در فایل فعلی و نمایش اسلاید قبلی در فایل فعلی در محیط Microsoft Power Point می‌باشند. تنظیمات فوق، تنها یکبار انجام شده و تا زمانی که موقعیت صفحه شاخص و دوربین بیش از حد مجاز تغییر نکرده باشد، معتبر خواهند بود.

اکنون، با اجرای پنجره نمایش انتخابگر و فشردن دکمه شروع محیط Microsoft Power Point با استفاده از فن‌آوری ActiveX اجرا شده و اولین فایل در آن بارگذاری می‌شود. در این حالت، با قرارگیری کاربر بر روی هر کدام از دکمه‌های مجازی صفحه شاخص، فرمان مربوط به آن دکمه در محیط Microsoft Power Point اجرا خواهد گردید. نتایج تجربی بیانگر عملکرد بسیار مناسب سامانه اطلاع‌رسانی مذکور در شرایط نوری مختلف می‌باشد. به علاوه، کار با سیستم برای کاربران بسیار جذاب بوده و ارزیابی‌ها بیانگر رضایت نسبی آنها است.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله سیستمی برای ایجاد ارتباط هوشمند میان انسان و کامپیوتر بر مبنای پردازش تصویر ارائه گردیده است.



طراحی و ساخت یک دستگاه پمپ انسولین جدید با دقت نیم میکرولیتر

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر تشخیص و درمان دیابت، موضوع مورد بحث بسیاری از محافل علمی بوده است، چرا که بیش از ۱۱۷ میلیون نفر در دنیا مبتلا به این بیماری هستند و انتظار می‌رود این تعداد تا سال ۲۰۲۵ به بیش از ۳۰۰ میلیون نفر برسد [۱]. که علت عمده آن افزایش چاقی و سبک زندگی کم تحرک در کودکان و بزرگسالان است. دیابت یک اختلال متابولیسم است که در آن یا انسولین به میزان کافی در بدن تولید نمی‌شود و یا انسولین موجود قادر نیست تا وظایف خود را بدرستی انجام دهد و در نتیجه به علت وجود مقاومت در برابر آن، قند خون بالا می‌رود. انسولین هورمونی است که توسط سلول‌های بتای واقع در لوزالمعده ترشح می‌شود و وظیفه اصلی آن کاهش قند خون است [۲]. بالا بودن قند خون در دراز مدت باعث بروز عوارضی در سیستم قلب و عروق، کلیه‌ها، چشم و سلسله اعصاب می‌شود. بیماری دیابت یک اپیدمی جهانی با هزینه‌های بالای پزشکی، اقتصادی و اجتماعی است [۳].

دیابت بیماری مزمنی است که در حال حاضر علاج قطعی ندارد و تنها می‌توان از ایجاد مشکلات کوتاه مدت و دراز مدت آن اجتناب کرد و بروز این مشکلات را تحت کنترل در آورد. کنترل دقیق به منظور کاهش خطر بروز عوارض دراز مدت ضروری است. این کار از نظر تئوری با استفاده از تزریق انسولین (در دیابت نوع ۱ و نوع ۲ مقاوم به داروهای خوراکی، عمدتاً در افرادی که به مدت طولانی دچار دیابت هستند) امکانپذیر است. ایده‌آل این است که انسولین با الگوی نظیر ترشح آن به وسیله لوزالمعده تجویز شود ولی اینکار دشوار است.

امروزه برای تزریق زیر پوستی انسولین علاوه بر سرنگ‌های قدیمی انسولین، از قلم انسولین و پمپ انسولین استفاده می‌شود که در آن میان، پمپ‌های انسولین روشی برای تزریق انسولین هستند که شبیه‌ترین حالت ممکن به ترشح طبیعی انسولین از لوزالمعده است. این وسیله از یک مخزن پمپ شبیه کارتریج انسولین، یک موتور، باتری و یک تراشه کنترل کننده مقدار صحیح تزریق انسولین تشکیل شده است.

پمپ به یک لوله پلاستیکی ظریف دارای کانولی شبیه سوزن نرم متصل شده است که انسولین از آن عبور می‌کند. کانول به زیر پوست

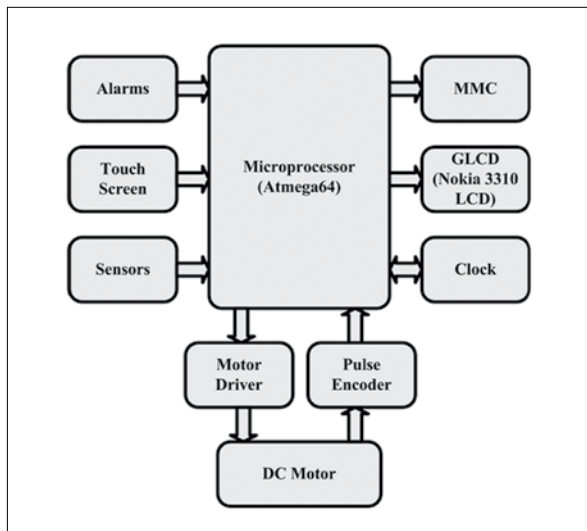
مریم زارع / آزمایشگاه طراحی مدار و سیستم دانشکده مهندسی
دانشگاه فردوسی مشهد / marya.zare@gmail.com
عبدالله میربزرگی / آزمایشگاه طراحی مدار و سیستم دانشکده مهندسی
دانشگاه فردوسی مشهد / sa.mirbozorgi@gmail.com
محمد میمندیتزاد / آزمایشگاه طراحی مدار و سیستم دانشکده مهندسی
دانشگاه فردوسی مشهد / maymandi@um.ac.ir

دستگاه پمپ انسولین موثرترین روش در کنترل مناسب بیماری دیابت است. این دستگاه وسیله‌ای برای تزریق و کنترل میزان تزریق انسولین بر اساس سطح گلوکز خون برای بیماران دیابتی می‌باشد. بنابراین این سیستم باید از قابلیت اطمینان و دقت بالایی برخوردار باشد.

در این مقاله طراحی و ساخت پمپ انسولین با خطای تزریق صفر ارائه شده است. از مهمترین ویژگی‌های پمپ ساخته شده و ارائه شده در این مقاله، توانایی تزریق انسولین با دقت نیم میکرولیتر (0.0005cc) و با الگوی تزریقی پیوسته و شبیه به لوزالمعده می‌باشد.

از دیگر برتری‌های مهم پمپ طراحی شده، قابلیت استفاده با دو زبان فارسی و انگلیسی و تزریق انسولین پایه‌ای با سه برابر پیوستگی بیشتر نسبت به آخرین مدل ارائه شده است.

کلید واژه: پمپ انسولین، تزریق پیوسته انسولین، دیابت، گلوکز.



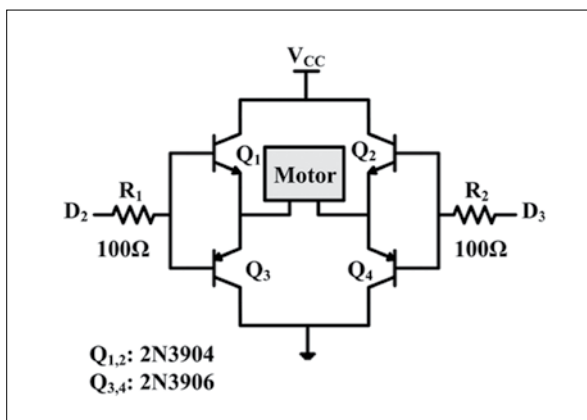
شکل ۲- بلوک دیاگرام دستگاه پمپ انسولین

سیستم به منظور اعمال فشار رو به جلو، بعد از پایان یک مخزن و به انتها رسیدن آن، بایستی در حالت اولیه خود قرار بگیرد. بنابراین باید قابلیت حرکت به جلو و عقب را به طور همزمان دارا باشد. یعنی الکتروموتور مورد استفاده که از طریق پردازنده کنترل می شود باید قادر به چرخش در هر دو صورت چپگرد و راستگرد باشد که نوع آن را پردازنده تعیین می کند.

برای ارسال فرمان چرخش به الکتروموتور به کار رفته و همچنین تعیین جهت چرخش دو بیت اطلاعات از میکرو به درایور الکتروموتور فرستاده می شود. برای این منظور مقاومت های بیس به پین D2 و D3 میکرو متصل شده اند.

با توجه به اینکه جریان مصرفی الکتروموتور مورد استفاده به مراتب بیشتر از جریان خروجی پایه های پردازنده به کار رفته می باشد، وجود درایور الزامی است.

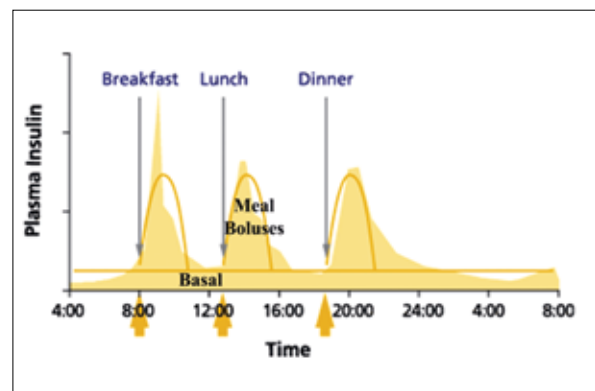
در این مدار (شکل ۲) چنانچه هر دو بیت خروجی پردازنده یک و یا هر دو صفر باشند ($D2=D3=0$ یا $D2=D3=1$) موتور خاموش بوده و هیچ حرکتی نخواهد کرد. حال اگر $D2=1$ و $D3=0$ باشد ترانزیستورهای Q1 و Q4 روشن و Q2 و Q3 خاموش می شوند و جریان از مسیر Q1 وارد موتور شده و از طریق Q4 خارج می شود. در حالت $D2=0$ و $D3=1$ عکس حالت قبل بوده و جریان در خلاف



شکل ۳- مدار درایور موتور

(معمولا در ناحیه شکم) فرو برده می شود.

پمپ انسولین در حال حاضر موثرترین راه تزریق انسولین می باشد. تزریق انسولین بصورتی که نزدیکترین حالت ممکن به ترشح طبیعی انسولین از لوزالمعده باشد، اهمیت زیادی داشته و از مضرات تزریق یکبارگی آن به شدت کاسته و بیماری دیابت را کنترل پذیر می کند. پمپ انسولین یک دستگاه پزشکی است که قابلیت برنامه ریزی داشته و بر اساس برنامه تنظیم شده مقدار مشخصی انسولین را بطور دائم به بدن تزریق می نماید. این انسولین دائمی به نام انسولین پایه (Basal) نامیده می شود. علاوه بر انسولین پایه، این دستگاه قادر به تزریق مقداری انسولین برای غذای مصرف شده نیز میباشد که انسولین وعده غذا و یا (Bolus) نامیده می شود (شکل ۱) [۴].



شکل ۱- ترشح انسولین در بدن یک آدم معمولی به همراه نحوه تزریق انسولین با پمپ

با این امکانات، مقدار و میزان انسولین ایجاد شده در بدن به شرایط یک فرد طبیعی بسیار نزدیک میشود و این تنظیم انسولین با هیچ روش شناخته شده دیگر در حال حاضر امکان پذیر نیست.

پمپ انسولین در حال حاضر توسط شرکتهای خارجی متعددی تولید می شود. در این بین، دو شرکت Medtronic MiniMed و SOOIL توانسته اند نمونه های موفق از این دستگاه را وارد بازار کنند [۵ و ۶].

در بخش ۲ ابتدا به معرفی بلوک دیاگرام اجزای دستگاه پمپ انسولین ساخته شده می پردازیم و سپس چگونگی طراحی و ساخت اجزای الکتریکی و مکانیکی آن شرح داده می شود. نحوه ی جبرانشازی خطا در بخش (۳) آورده شده است.

در بخش (۴) روشی برای تست گرفتگی لوله پلاستیکی پمپ ارائه می شود. در انتها نتایج بدست آمده در بخش (۵) بیان می شود.

۲- معرفی پمپ انسولین ساخته شده

در شکل (۲) بلوک دیاگرام کلی دستگاه پمپ انسولین نشان داده شده است. اجزای پمپ مورد نظر شامل واحد پردازش، موتور DC، درایور موتور، آی سی ساعت، صفحه نمایش، صفحه لمسی، کارت حافظه (MMC)، سنسورها و آلارم ها می باشد.

۲-۱- اجزای الکتریکی دستگاه پمپ انسولین

■ مدار درایور موتور:

مداری که به منظور درایو موتور پمپ استفاده شد در شکل (۳) ارائه شده است. بخش جلوبرنده پیستون به کار رفته در بخش مکانیکی

بنابراین سیستم پمپ مورد نظر (بخش مکانیکی) بایستی قادر به تزریق با دقت ۰,۵ میکرولیتر باشد.

در استانداردهای موجود پزشکی و پمپ انسولین هر ۱۰ میکرولیتر یک واحد (1U) در نظر گرفته می شود. از آنجایی که حجم مخزن (سرنگ) بکار رفته در پمپ ۳cc می باشد، می توان به تعداد ۶۰۰۰ تا تزریق ۰,۵ واحد (معادل کوچکترین واحد تزریق) انجام داد. یعنی در نهایت بخش مکانیکی باید قادر باشد که طول مخزن را در سخت ترین حالت در ۶۰۰۰ مرحله طی کند. این بدان معنی است که اگر طول مخزن ۳cm باشد، بخش مکانیکی بایستی در هر مرحله 3cm/6000 جابجایی ایجاد کند.

در بخش مکانیکی طراحی شده بین پیچ ارشمیدسی و الکتروموتور مورد استفاده که از نوع ویبره موبایل می باشد، از یک گیربکس استفاده شده است تا هم سرعت کاهش یافته و هم قدرت و دقت در تزریق افزایش یابد.

همانگونه که قبلاً اشاره شد از یک پالس انگدر جهت داشتن یک سیستم فیدبک و آگاهی از میزان تزریق بر روی الکتروموتور (ویبره موبایل) استفاده گردیده است. در هر دور چرخش محور الکتروموتور استفاده شده، پالس انگدر مربوط ۶ پالس به سیستم پردازنده ارسال می کند.

با توجه به اندازه گیری های انجام شده سیستم مورد نظر طول ۳ سانتیمتری مخزن را با ۱۲۰ هزار پالس طی می کند. ضمناً با توجه به اینکه در ۶۰۰۰ مرحله این طول بایستی طی شود پس برای هر مرحله الکتروموتور می بایستی به اندازه ۲۰ پالس (۶۰۰۰/۱۲۰۰۰۰)، چرخش داشته باشد.

حال اگر سیستم پردازنده به طریقی عمل کند که برای تزریق هر مرحله (۲۰ پالس) ابتدا الکتروموتور را روشن کند و پس از شمارش بیستمین پالس آن را متوقف کند، به علت سرعت گرفتن موتور یا همان اینرسی بخش های متحرک پالس های شمارش شده بیستر بوده و در سیستم پیاده سازی شده حدود ۲۵ پالس می باشد.

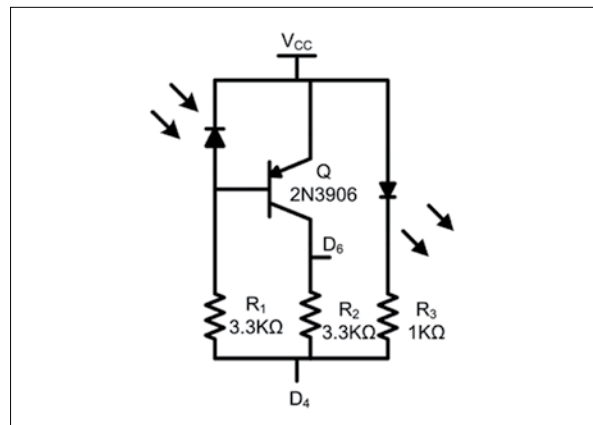
با توجه به دقت بالای مورد نیاز در چنین سیستمهایی چنین خطایی بسیار زیاد می باشد و باید به طریقی یا اینرسی حذف شود و یا اینکه جبران سازی صورت پذیرد.

به دلیل ماهیت مکانیکی سیستم حذف اینرسی غیر ممکن می باشد. اما لازم به ذکر است که وجود این اینرسی جزء معایب این سیستم نبوده بلکه به نوعی یک مزیت بسیار مهم در این سیستم محسوب می شود. زیرا داشتن اینرسی شرایطی را ایجاد می کند که بوسیله آن می توانیم با اعمال یک سیستم جبران ساز بر روی تعداد پالسها، گرفتگی مخزن، لوله رابط و یا هر نوع مشکل مکانیکی که مانع تزریق می شود را تشخیص دهیم. پس در ادامه به بررسی سیستم جبران سازی تعداد پالس خواهیم پرداخت.

۳- جبران سازی خطا

همانطور که قبلاً ذکر شد در هر مرحله بایستی الکتروموتور به اندازه ۲۰ پالس بچرخد تا به اندازه ۰,۵ واحد تزریق صورت پذیرد. تعداد پالس اضافی که در اثر اینرسی رخ می دهد، به صورت تجربی برای سیستم طراحی شده به دست می آید.

برای مثال برای سیستم مذکور برای داشتن ۲۰ پالس، پردازنده را طوری تنظیم کرده ایم که بعد از ۱۶ پالس موتور را متوقف کند. که بدلیل اینرسی بعد از همان ۲۰ پالس که مورد نظر بود، به توقف



شکل ۴- مدار شمارنده پالس

جهت حالت قبل وارد موتور می شود و به علت اختلاف جهت این دو جریان موتور در دو جهت مختلف قادر به چرخش خواهد بود. با چرخش موتور به صورت چپگرد و راستگرد مخزن به جلو و عقب حل داده می شود.

■ مدار پالس شمار:

شکل (۴) مدار شمارنده پالس طراحی شده را نشان می دهد. در این مدار از یک فرستنده مادون قرمز و یک گیرنده مادون قرمز استفاده شده است. از این مدار جهت داشتن یک سیستم پس خور و آگاهی از میزان تزریق بر روی الکترو موتور استفاده شده است.

۲-۲- بخش مکانیکی سیستم پمپ انسولین

تزریق انسولین از طریق یک سرنگ انجام می گیرد، سرنگ مورد نظر نیز دارای پیستونی جهت ایجاد فشار لازم به منظور تزریق می باشد. پس نیاز به سیستمی داریم که بصورت خطی پیستون را به حرکت درآورد. بدین منظور از یک پیچ ارشمیدسی برای تبدیل حرکت دورانی به یک جابجایی خطی در راستای مورد نظر استفاده کرده ایم. همانطور که در شکل (۵) دیده می شود، با چرخش پیچ ارشمیدسی محوری که در پشت پیستون قرار گرفته در راستای پیستون جابجا شده و منجر به تزریق می شود.

دقت تزریق از مهمترین چالشهای طراحی پمپ انسولین است که تا حد زیادی با بخش مکانیکی آن ارتباط دارد. در سیستم های معمول طراحی پمپ که بطور کامل نیاز بدن را از لحاظ پیوستگی تزریق برطرف می کنند، کوچکترین واحد تزریق ۰,۵ میکرولیتر می باشد.



شکل ۵- بخش مکانیکی پمپ

کامل می رسد. اما طراحی بدین شکل مطمئن نبود و به علت تغییرات مختلفی که ممکن است در بخش مکانیکی رخ دهد اینرسی می تواند ۲ تا ۳ پالس تلورانس داشته باشد. به منظور رفع این مشکل، پردازنده طوری عمل می کند که به محض رویت هر تعداد پالس خطای آن را در مرحله بعد از تعداد پالسهای معین (۱۶ پالس) مقدار اولیه کم و یا زیاد می کند. بنابراین بعد از گذشت چندین تزریق در نهایت ۲ یا ۳ پالس خطا داریم و در بدترین حالت تا انتهای تزریقات تنها ۲ یا ۳ پالس خطا خواهیم داشت. در حقیقت خطای هر مرحله تزریق در مرحله بعدی جبران می شود و با توجه به تعداد تزریقات زیادی که انجام می شود، با روش بکار رفته، خطای تزریق به صفر میل می کند. این روش تزریق از مزایای ویژه سیستم طراحی شده می باشد که در نتیجه تست سیستم نیز خطای تزریق صفر بدست آمد. همانطور که ذکر شد وجود اینرسی و در نهایت ایده بکار رفته در جبران سازی آن از ویژگی های بسیار مهم و کلیدی در سیستم پیشنهادی می باشد.

۴- تست گرفتگی

قابلیت اطمینان سیستمهای پزشکی از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا با جان بیمار در ارتباط است و وجود کوچکترین خطا ممکن است منجر به مرگ فرد شود. در تمامی سیستم های مشابه این چنینی، نیاز است که به طور قطع بدانیم تزریق انجام گرفته است یا نه. در واقع نیاز به یک پس خور حقیقی که حرکت پیستون را نشان دهد داریم.

تکنیک پیشنهادی و بکار رفته در سیستم ارائه شده به سادگی و از طریق مقدار اینرسی سیستم قادر به تشخیص هر نوع گرفتگی و عدم تزریق به دلیل خطا و مشکلات مکانیکی می باشد. مقدار اینرسی به مقدار باری که سیستم در حال جابجا کردن آن است، وابسته است. چنانچه در اثر گرفتگی بار افزایش یابد، مقدار اینرسی کاهش می یابد و الکتروموتور سریعتر متوقف می شود. بنابراین با توجه به وجود سیستم جبران ساز طراحی شده هنگامی که گرفتگی رخ دهد، تعداد پالس ها به ۲۰ نمی رسد و سیستم جهت جبران سازی مقدار اولیه (۱۶ پالس) را افزایش می دهد تا مقادیر کاهش یافته را جبران کند. در نهایت چون مقدار اینرسی کاهش یافته، سیستم جبران ساز برای اینکه خطا صفر باشد، مقدار اولیه پالس (که در اینجا ۱۶ تایی بود) در مقدار بالاتری (مثلا ۱۸ تا) پایدار نگه می دارد.

این بدان معنی است که برای داشتن ۲۰ پالس پردازنده باید بعد از ۱۸ پالس موتور را خاموش کند، در حالی که هنگامی که گرفتگی رخ نداده بود پردازنده بعد از ۱۶ پالس موتور را خاموش می کرد. اگر میانگین این مقدار ۱۸ تایی بعد از ۵ مرحله تزریق همچنان در ۱۸ و بالای ۱۸ پایدار ماند، حتما گرفتگی رخ داده است. البته در تمامی این سیستم ها به علت وجود برخی شرایط غیرقابل حذف مکانیکی به محض رخ دادن گرفتگی نمی توان آن را تشخیص داد. اما بعد از مدت کوتاهی که به حجم تزریق وابسته است، گرفتگی آشکار می شود و آلام های مربوطه هشدار لازم را به بیمار می دهد. در نمونه خارجی این دستگاه معمولاً در بهترین شرایط بعد از تزریق ۲,۵ واحد انسولین گرفتگی آشکار می شود. در حالی که در سیستم طراحی شده به دلیل جبران سازی انجام گرفته، خطا صفر بوده و دستگاه بسیار به گرفتگی حساس است و در بدترین شرایط بعد از ۲ واحد تزریق انسولین، گرفتگی آشکار می گردد. این سیستم هم در تزریق انسولین پایه و هم تزریق بولوس همچنان دارای خطای تزریق صفر می باشد که اهمیت زیادی در داشتن قابلیت اطمینان بالا برای سیستم هایی با کاربرد پزشکی دارد. شکل (۶) دستگاه پمپ انسولین ساخته شده را نشان می دهد.

۵- نتیجه گیری

در نهایت با توجه به توضیحات داده شده و معرفی قابلیت های این پمپ دیده می شود که در این پمپ دقت تزریق و پیوستگی تزریق بسیار بهتر شده است.

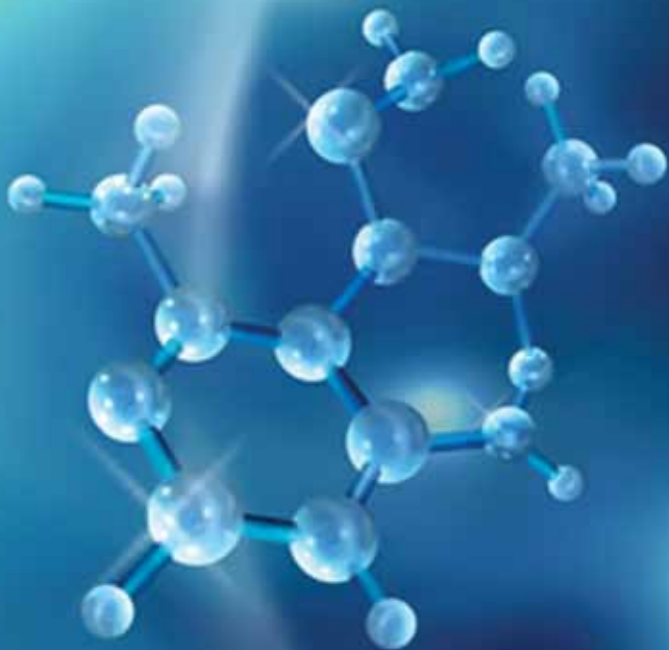
همچنین کار کردن با این پمپ با توجه به قابلیت هایی از جمله امکان استفاده به صورت فارسی، استفاده از صفحه لمسی بجای صفحه کلید و ذخیره اطلاعات پمپ در کارت حافظه، برای کاربر بسیار راحت تر شده است.

مراجع

- [۱] آندروئلی و کارپنتر «مبانی طب داخلی سیسیل» ناشر: تیمورزاده، طبیب - ۲۰۲، آذر، ۱۳۹۰.
- [۲] جان ای. هال «فیزیولوژی پزشکی گایتون و هال» ناشر: اندیشه رفیع، ۱۳۸۹، ویرایش دوازدهم، چاپ دوم.
- [3] «Standards of medical care for patients with diabetes mellitus», Database Care, VOL. 25, pp. 533-549, 2002, ADA.
- [4] Yi. Wijun, Zhu Lvyun, «The research of insulin curve model», Chinese Medical Equipment, pp. 1-26, 2003.
- [5] www.minimed.com
- [6] www.SOOIL.com



شکل ۶- دستگاه پمپ انسولین ساخته شده.



مخابرات مولکولی

مرزهای نوین در مخابرات بی سیم نانو

یگانه ضمیری جعفریان / دانشگاه فردوسی مشهد / دانشکده مهندسی
گروه برق / yeganeh.zamiri@yahoo.com
نادیا نقوی / دانشگاه فردوسی مشهد / دانشکده مهندسی / گروه برق
n.naghavi@um.ac.ir

کلید واژه: مخابرات مولکولی، فناوری زیستی، مولکول های اطلاعاتی، شبکه های مخابراتی نانو.

۱- مقدمه

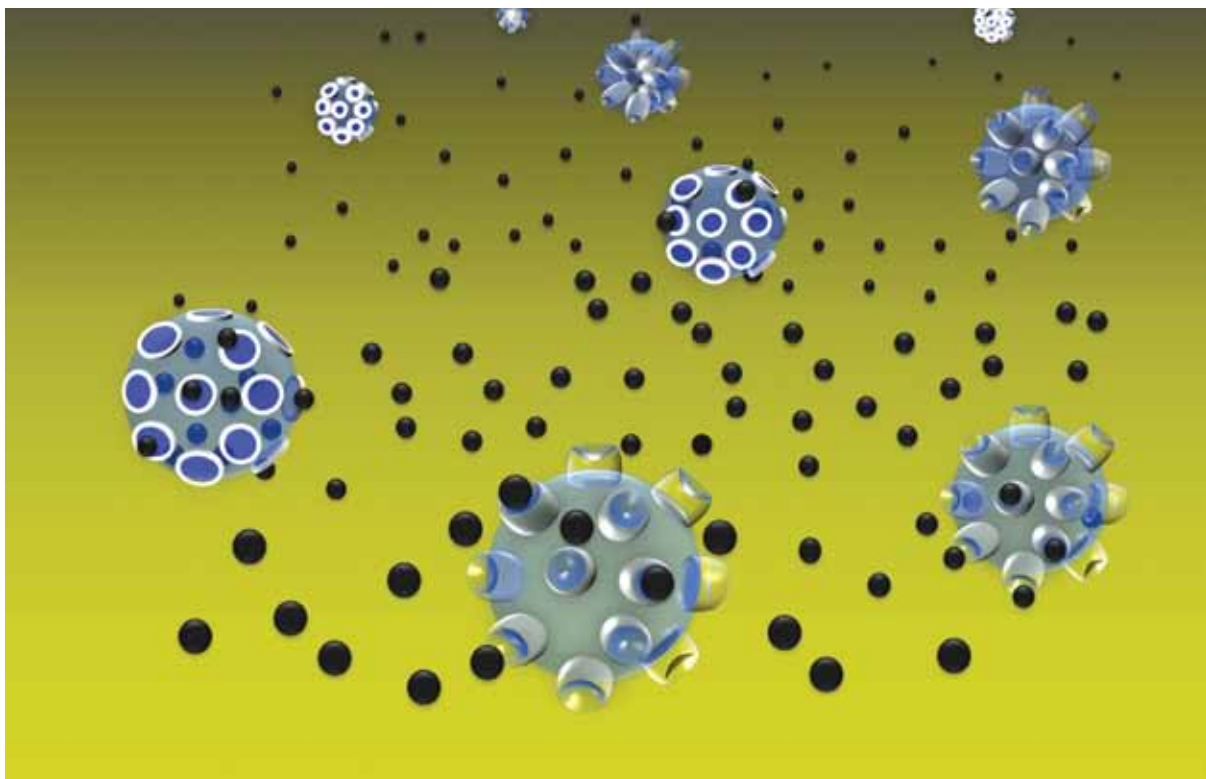
در حال حاضر، انتقال اطلاعات در سیستم های مخابراتی از طریق انتشار امواج الکترومغناطیس در فضا، جابجایی الکترون ها در کابل ها، انتشار امواج نوری در فیبرهای نوری و یا امواج صوتی در مایعات و جامدات، صورت می گیرد، به طوری که انتقال اطلاعات دیجیتال (متن، صدا و فیلم) با سرعت بالا و در مسافت های طولانی را امکان پذیر می سازد. در سیستم های مخابرات مولکولی اطلاعات توسط مولکول های شیمیایی، به نام مولکول های اطلاعاتی در محیط انتشار می یابد و مبتنی بر مکانیزم ها و سیستم های بیولوژیکی اطلاعات ارسالی در فرستنده کدگذاری و در گیرنده کدگشایی می گردد. گرچه سرعت و دامنه انتشار در مخابرات مولکولی در مقایسه با سیستم های فعلی مخابراتی محدود است، اما مخابرات مولکولی دارای توانایی انتقال اطلاعاتی است که تکنولوژی های کنونی در سیستم های مخابراتی، قابلیت آن را ندارند و یا اینکه به سختی قادر به انجام آن هستند [۱-۵].

انتظار می رود که مخابرات مولکولی، حوزه های مختلفی از تکنولوژی را تحت تاثیر قرار دهد. نظر به اینکه مخابرات مولکولی یک روش مستقیم برای ارتباط با سیستم های بیولوژیکی را ارائه می دهد، امکان کاربردهای وسیعی را در زمینه بهداشت و محیط زیست فراهم می کند. به عنوان نمونه، نانوماشین های زیستی کاشته شده در بدن می توانند بر شرایط سلامتی نظارت داشته باشند [۳-۱]. گرچه با استفاده از تکنولوژی شبکه ای، کاشت و تعبیه دستگاه های سیلیکونی

مخابرات مولکولی یک راهکار نوین اطلاعاتی و ارتباطی است که براساس مکانیزم ها و سیستم های بیولوژیکی عمل می کند. این فناوری نوین، در سال های اخیر مورد توجه ویژه پژوهشگران مهندسی زیستی قرار گرفته است.

در سیستم مخابرات مولکولی، فرستنده اطلاعات را توسط مولکول های شیمیایی به نام مولکول های اطلاعاتی ارسال نموده و بعد از انتشار در محیط، توسط گیرنده مخابراتی دریافت و کدگشایی می گردد. تئوری های مخابراتی نقش ویژه ای را در مدلسازی، تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم های مخابرات مولکولی ایفا می کنند و چشم اندازهای نوینی را در مهندسی زیستی، پزشکی و نانو گشوده اند که در حال حاضر گام های آغازین خود را طی می کنند.

در این مقاله به بررسی جایگاه و ویژگی های مخابرات مولکولی و کاربردهای آن در زمینه های مختلف مهندسی پزشکی و فناوری زیستی می پردازیم. به دنبال آن جایگاه مدلسازی در این حوزه را به عنوان عاملی مهم در جهت پیش بینی رفتار سیستم مخابرات مولکولی به طور اجمالی مورد مطالعه قرار می دهیم. سپس با پرداختن به چالش های پیش رو، اهمیت و نیاز تحقیقات بیشتر در این حوزه جدید را مشخص می کنیم.



در بخش‌هایی از بدن امکان پذیر است، اما در سیستم مخابرات مولکولی، نانوماشین‌های زیستی جایگزین دستگاه‌های سیلیکونی می‌شوند و امکان برقراری ارتباط به طور مستقیم با سلول‌ها، اندام‌ها و بافت‌ها را فراهم می‌کنند [۵]. علاوه بر این پیش بینی می‌شود مخابرات مولکولی، راهکار محاسباتی جدیدی را با تشکیل مدارهای محاسباتی مقیاس بزرگ از ارتباط واحدهای کوچک محاسباتی (که بر پایه مکانیزم‌های بیولوژیکی عمل می‌کنند) فراهم سازد [۴]. در این مقاله بعد از مقدمه، در بخش دوم به ساختار و ویژگی‌های مخابرات مولکولی پرداخته می‌شود. معرفی کاربردهای مخابرات مولکولی در زمینه‌های مختلف مهندسی پزشکی و زیستی در بخش سوم آورده می‌شود. اهمیت مدلسازی در این حوزه و نمونه‌هایی از جدیدترین مدل‌هایی که برای سیستم مخابرات مولکولی پیشنهاد شده است در بخش چهارم مطرح می‌گردد. بخش پنجم به بررسی چالش‌ها و زمینه‌های پژوهشی پیش‌رو در حوزه مخابرات مولکولی می‌پردازد و در پایان، جمع‌بندی مطالب ارائه شده در بخش ششم صورت خواهد گرفت.

در بخش‌هایی از بدن امکان پذیر است، اما در سیستم مخابرات مولکولی، نانوماشین‌های زیستی جایگزین دستگاه‌های سیلیکونی می‌شوند و امکان برقراری ارتباط به طور مستقیم با سلول‌ها، اندام‌ها و بافت‌ها را فراهم می‌کنند [۵]. علاوه بر این پیش بینی می‌شود مخابرات مولکولی، راهکار محاسباتی جدیدی را با تشکیل مدارهای محاسباتی مقیاس بزرگ از ارتباط واحدهای کوچک محاسباتی (که بر پایه مکانیزم‌های بیولوژیکی عمل می‌کنند) فراهم سازد [۴].

در این مقاله بعد از مقدمه، در بخش دوم به ساختار و ویژگی‌های مخابرات مولکولی پرداخته می‌شود. معرفی کاربردهای مخابرات مولکولی در زمینه‌های مختلف مهندسی پزشکی و زیستی در بخش سوم آورده می‌شود. اهمیت مدلسازی در این حوزه و نمونه‌هایی از جدیدترین مدل‌هایی که برای سیستم مخابرات مولکولی پیشنهاد شده است در بخش چهارم مطرح می‌گردد. بخش پنجم به بررسی چالش‌ها و زمینه‌های پژوهشی پیش‌رو در حوزه مخابرات مولکولی می‌پردازد و در پایان، جمع‌بندی مطالب ارائه شده در بخش ششم صورت خواهد گرفت.

۲- ساختار و ویژگی‌های مخابرات مولکولی

مخابرات مولکولی روشی جهت برقراری ارتباط با نانوماشین‌های زیستی است. گرچه مدها و مکانیزم‌های مختلفی از مخابرات مولکولی در داخل و بین سلول‌ها بکار می‌روند، اما می‌توان روش انتقال در مخابرات مولکولی را به دو نوع عمده دسته‌بندی نمود. نوع اول ارتباط در مخابرات مولکولی مبتنی بر انتقال غیر فعال است که مولکول‌ها خود به خود در محیط انتشار می‌یابند. نوع دوم مخابرات مولکولی بر پایه انتقال فعال می‌باشد که مولکول‌ها با مصرف انرژی

انتقال فعال یک مکانیزم ارتباطی است که امکان انتقال جهت‌دار مولکول‌های سیگنالی به نقاط خاص را فراهم می‌کند. انتقال فعال در مقایسه با انتقال غیر فعال می‌تواند مولکول‌های سیگنالی را به فواصل دورتر (در حدود چند متر) نشر دهد. انتقال مولکول‌های سیگنالی بزرگ در انتقال غیر فعال به دلیل اندازه‌شان بسیار ضعیف صورت می‌گیرد، در حالی که انتقال فعال با مصرف انرژی شیمیایی، نیروی کافی برای انتقال مولکول‌های سیگنالی بزرگ را تولید می‌کند. علاوه بر این، انتقال فعال مکانیسم ارتباطی با درجه اطمینان بالایی، حتی هنگامی که تعداد سیگنال‌های مولکولی برای انتقال کم باشند را ارائه می‌دهد. از آنجا که در انتقال فعال مولکول‌های سیگنالی جهت‌دار حرکت می‌کنند، احتمال رسیدن آنها به مقصد بسیار بالاتر از زمانی است که از انتقال غیر فعال استفاده می‌شود، در نتیجه انتقال فعال نیاز به مولکول‌های کمتری برای انجام ارتباطات دارد [۱]، [۶]. اما از طرفی برای غلبه

بر فعل و انفعالات شیمیایی بین مولکول‌های سیگنالی و مولکول‌های محیط، در انتقال فعال مولکول‌ها نیاز به یک منبع انرژی منظم می‌باشد.

مخابرات مولکولی مبتنی بر موتور مولکولی و مخابرات مولکولی مبتنی بر موتور باکتری - مولکولی [۸]، دو نمونه از مخابرات مولکولی مبتنی بر انتقال فعال در سیستم‌های بیولوژیکی می‌باشند.

۲-۱- معماری مخابرات مولکولی

یک معماری متداول جهت توصیف مخابرات مولکولی شامل اجزایی چون مولکول‌های اطلاعاتی، فرستنده نانوماشین زیستی (برای آزادسازی مولکول‌های اطلاعاتی)، گیرنده نانوماشین زیستی (جهت تشخیص مولکول‌های اطلاعاتی) و محیط انتقال (برای انتشار مولکول‌های اطلاعاتی از فرستنده به گیرنده) می‌باشد. این سیستم همچنین از مولکول‌های انتقالی (برای حرکت مولکول‌های اطلاعاتی)، مولکول‌های هدایتی (برای هدایت جهت حرکت مولکول‌های انتقالی)، مولکول‌های رابط (که امکان انتقال مولکول‌های اطلاعاتی را به صورت اختیاری فراهم می‌کند) و در آخر مولکول‌های آدرسی (که به مولکول‌های اطلاعاتی یا مولکول‌های رابط متصل می‌شوند تا توانایی شناسایی گیرنده را بالا ببرند) تشکیل می‌شود [۲].

نظر به اینکه جزء اصلی مخابرات مولکولی، مولکول‌ها هستند که در محیط آبی یا هوا انتشار می‌یابند، مقدار قابل توجهی نويز در چنین سیستم‌هایی وجود دارد که به طور مداوم در تعامل با اجزای مختلف مخابرات مولکولی می‌باشد. این نويز ناشی از وجود انرژی حرارتی، الکتریکی، مغناطیسی و امواج الکترومغناطیسی در محیط انتشار می‌باشد. همچنین محیط شامل مولکول‌ها و نانوماشین‌هایی است که در مخابرات مولکولی شرکت نمی‌کنند، اما عامل ایجاد نويز می‌شوند. درجه تصادفی بودن مخابرات مولکولی (حرکت تصادفی مولکول‌های اطلاعاتی، نرخ و زمان رسیدن مولکول‌ها) به نويز محیط وابسته است [۱].

فرآیندهای اصلی درگیر در مخابرات مولکولی شامل کدگذاری، ارسال، انتشار، دریافت و کدگشایی می‌باشند [۲].

کدگذاری مرحله‌ای است که در طی آن یک فرستنده، اطلاعات را به مولکول‌های اطلاعاتی ترجمه می‌کند به طوری که توسط گیرنده قابل شناسایی و آشکارسازی باشد.

ارسال مرحله‌ای است که فرستنده نانوماشین زیستی مولکول‌های اطلاعاتی را در محیط منتشر می‌کند. فرستنده ممکن است مولکول اطلاعاتی را یا به صورت رها شده آزاد کند (برای مثال، کیسه‌های نوپا از یک سلول بیولوژیکی به شرطی که فرستنده یک سلول بیولوژیکی باشد) [۹] و یا با باز کردن گیت مولکولی اجازه دهد تا مولکول‌های اطلاعاتی به مناطق دیگر انتشار یابند.

انتشار مرحله ایست که طی آن مولکول‌های اطلاعاتی از سمت فرستنده به سمت گیرنده در محیط حرکت می‌کنند. یک مولکول اطلاعاتی می‌تواند به صورت غیر فعال، بدون مصرف انرژی شیمیایی، در محیط پخش شود و یا با اتصال به مولکول‌های انتقالی (به عنوان مثال، یک موتور مولکولی که تولید حرکت می‌کند) به صورت فعال با تجزیه آدنوزین تری فسفات (ATP) انرژی تولید کند تا در محیط انتشار یابد [۲].

دریافت مرحله‌ای که طی آن گیرنده، مولکول‌های اطلاعاتی انتشار یافته در محیط را جذب می‌کند. یک گزینه برای جذب مولکول‌های

اطلاعاتی، نفوذپذیری ساختار سطحی گیرنده برای مولکول اطلاعاتی است. مثلاً یک سلول زیستی که غشای پلاسمایی دارد برای برخی از مولکول‌های اطلاعاتی قابل نفوذ است و این مولکول‌ها بعد از عبور از غشا قادرند به طور مستقیم به گیرنده‌های داخل سلولی متصل شوند [۱]، [۹].

کدگشایی گیرنده زیستی، بعد از دریافت مولکول‌های اطلاعاتی، با واکنش شیمیایی بر روی مولکول‌های دریافت شده صورت می‌گیرد. این واکنش شیمیایی می‌تواند شامل تولید مولکول‌های جدید، انجام کار ساده، و یا تولید یک سیگنال جدید (به عنوان مثال ارسال مولکول‌های اطلاعاتی دیگر) باشد [۲].

۲-۲- ویژگی‌های مخابرات مولکولی

به طور کلی تنوع ویژگی‌های مخابرات مولکولی، به دلیل استفاده از مکانیسم‌های بیولوژیکی و اجزای سازنده برای برقراری ارتباط در یک محیط، بالا است. در ادامه به شرح هر یک از این ویژگی‌های منحصر به فرد مخابرات مولکولی می‌پردازیم.

رفتار تصادفی مخابرات مولکولی ناشی از عوامل زیست محیطی مانند جنبش غیر قابل پیش‌بینی مولکول‌ها در محیط و همچنین ناشی از رفتار اجزای مخابرات مولکولی مانند رفتار تصادفی نانوماشین‌ها در واکنش با مولکول‌های اطلاعاتی و کاهش مولکول‌های اطلاعاتی با گذر زمان است [۱].

کدگذاری و کدگشایی با سیگنال‌های شیمیایی از ویژگی‌های دیگر مخابرات مولکولی است که در فرستنده و گیرنده زیستی صورت می‌پذیرد، به طوری که گیرنده نانوماشین زیستی نسبت به این سیگنال‌های وارده واکنش شیمیایی نشان می‌دهد. اطلاعات را می‌توان در خواص فیزیکی و یا ویژگی‌های مولکول‌های اطلاعاتی کدگذاری کرد [۲].

سرعت و دامنه‌ی مخابرات مولکولی بسیار پایین می‌باشد و به مواد بیولوژیکی، مکانیزم و همین‌طور محیط وابسته است [۲]. در بدن انسان سریع‌ترین و طولانی‌ترین برد مخابراتی توسط سیگنالینگ عصبی بدست می‌آید که توسط سیگنال‌های الکتروشیمیایی با سرعت بیش از 100m/s منتشر می‌شوند [۳].

سازگاری زیستی یک ویژگی مهم مخابرات مولکولی است. از آنجا که در مخابرات مولکولی از مکانیزم ارتباطی بین سیستم‌های بیولوژیکی استفاده می‌شود، نانوماشین‌های زیستی توانایی برقراری ارتباط مستقیم با اجزای طبیعی یک سیستم بیولوژیکی از طریق کدگذاری و کدگشایی را دارند [۴]. سازگاری زیستی مخابرات مولکولی، منجر به کاربردهای پزشکی چون کاشتن نانوماشین‌های زیستی در بدن برای نظارت می‌گردد [۱]، [۳].

بهره‌وری در انرژی در مخابرات مولکولی به دلیل استفاده از مواد و مکانیزم سیستم‌های بیولوژیکی، انتظار می‌رود که مصرف انرژی بهینه گردد و تلفات حرارتی کاهش یابد. به عنوان مثال موتورهای مولکولی میوزین (پروتئین اساسی عضله)، انرژی شیمیایی (مانند ATP) را به کار مکانیکی نزدیک به ۱۰۰ درصد بهره‌وری تبدیل می‌کنند. انتظار می‌رود که انرژی شیمیایی لازم برای برقراری ارتباط مولکولی، توسط محیطی که در آن نانوماشین‌ها مستقر هستند، فراهم شود. برای نمونه، نانوماشین‌های زیستی کاشته شده در بدن انسان می‌توانند انرژی (گلوکز) را از محیط اطراف خود بگیرند که در

این صورت نیازمند هیچ منبع انرژی خارجی نخواهند بود [۱۱]، [۱۲].

۳- کاربردهای سیستم مخابرات مولکولی

نظر به اینکه مخابرات مولکولی یک روش مستقیم برای ارتباط با سیستم‌های بیولوژیکی را فراهم می‌کند، در نتیجه دارای کاربردهایی وسیعی در زمینه‌ی پزشکی، نانو و فناوری زیستی می‌باشد. که در اینجا به اجمال به آن‌ها می‌پردازیم [۱۰]، [۱۱].

۳-۱- کاربردهای مهندسی پزشکی

مخابرات مولکولی کاربردهای بسیاری در زمینه مهندسی پزشکی و نانوپزشکی دارد که مهمترین آن‌ها شامل آزمایشگاه روی تراشه (Lab-on-a-chip)، پایش سلامتی، تحویل دارو و بازسازی می‌باشند. آزمایشگاه روی تراشه تکنولوژی نوظهوری است که عملیات سنتز و تجزیه و تحلیل شیمیایی نمونه‌های زیستی بر روی یک تراشه با ابعاد میلی‌متر تا سانتی‌متر را انجام می‌دهد [۱۱].

این تراشه، کاربردهای وسیعی در زمینه‌ی پزشکی جهت تشخیص بیماری و یا مطالعات علمی نمونه‌های زیستی دارد. همچنین مخابرات مولکولی تکنیک‌هایی برای انتقال مولکول‌های خاص به مکان‌های مشخص از تراشه را فراهم می‌کند. با توجه به اینکه اجزای مخابرات مولکولی در مقیاس نانومتری می‌باشند، اجرای آزمایشگاه روی یک تراشه در مقیاس خیلی کم امکان‌پذیر می‌باشد [۱۲]. با مانیتورینگ یک ارگانیسم (مانند انسان، حیوان و یا گیاه) شناسایی مولکول‌های خاص در بدن امکان‌پذیر می‌شود. از مولکول‌های خاص می‌توان به عنوان یک شناساگر زیستی برای تشخیص بیماری یا وضعیت پزشکی استفاده نمود. علاوه بر این می‌توان جزییات بیشتری از قبیل توزیع فضایی مولکول‌ها برای ارائه اطلاعات را استخراج کرد. مخابرات مولکولی امکان برقراری ارتباط میان سنسورهای بیولوژیکی و مصنوعی را توسط مولکول‌ها فراهم می‌کند. این سنسورهای بیوشیمیایی برای کاربردهای تشخیص (حساسیت یا ویروس) و معاینه‌های پزشکی، در بدن کاشته می‌شوند [۱۲]، [۱۵]. ارتباط مولکولی روش‌های کارآمدی برای جمع‌آوری اطلاعات از مولکول‌های بدن و انتقال آن‌ها به دستگاه‌های خارجی را فراهم می‌کند [۱۰].

با کاشتن فرستنده‌ای در بدن و به کمک مخابرات مولکولی می‌توان انتقال دارو و یا حتی DNA را با مولکول‌های انتقالی (مانند هورمون‌ها) به سوی سلول‌های گیرنده (مانند غدد) فراهم کرد. این نانوماشین‌های زیستی برای پیدا کردن هدف، از سیگنال‌های مولکولی داخل ارگانیسم و یا سیگنال‌های مولکولی منتشر شده از دیگر نانوماشین‌های زیستی استفاده می‌کنند [۱۲].

مکانیزم تحویل دارو احتمال اثرات جانبی در مکان‌های غیر هدف را کاهش می‌دهد [۱۱]. همچنین نظر به اینکه نانوماشین‌های زیستی ساخته شده از سلول‌های زنده قابلیت تقسیم شدن را دارند بنابراین می‌توانند به شکل یک ساختار تابعی (مانند بافت‌ها و اندام‌ها) رشد کنند. چنین نانوماشین‌های زیستی در زمینه‌های پزشکی بکار می‌روند. با توجه به زیست‌شناسی تکاملی، تشکیل یک ساختار تابعی توسط نانوماشین‌های زیستی براساس مخابرات مولکولی امکان‌پذیر می‌باشد [۴].

مخابرات مولکولی تکنیک‌هایی برای کنترل الگوهای ارتباطی، رشد

و تمایز نانوماشین‌های زیستی برای ساختارهای خاص و بازسازی را امکان‌پذیر می‌سازد [۲].

۳-۲- کاربردهای زیست محیطی

از زمینه‌های کاربرد مخابرات مولکولی در زیست محیطی می‌توان مانیتورینگ محیط زیست و کنترل آلودگی را نام برد. محیط زیست همواره در معرض عوامل سمی و رادیواکتیو می‌باشد. اطلاعات در مورد این مولکول‌ها می‌تواند به شناسایی مشکلات و ارائه روش‌هایی برای تمیز کردن محیط زیست در پاسخ به آلودگی و یا نشت اتفاقی، کمک کند. می‌توان از نانوماشین‌های زیستی یکپارچه برای شناسایی مکان مولکول‌ها در محیط‌هایی با مقیاس بزرگ یا در حد میکرو استفاده کرد. مخابرات مولکولی تکنیک‌هایی برای پردازش اطلاعات مولکولی از محیط زیست و تبادل این اطلاعات با دیگر نانوماشین‌های زیستی فراهم می‌کند [۱].

علاوه بر این از نانوماشین‌های زیستی می‌توان برای نظارت بر مولکول‌های محیط زیست و همچنین به صورت دقیق‌تر شناسایی محل یک منبع آلودگی استفاده کرد. نانوماشین‌های زیستی برای شناسایی، از مولکول‌های خاص برای نشانه‌گذاری مواد سمی در محیط زیست استفاده می‌کنند. آن‌ها با راهنمایی نانوماشین زیستی یا دستگاه‌های مقیاس بزرگ به سوی منبع سم حرکت و با تقویت سیگنال‌های مولکولی محل آلودگی را شناسایی می‌کنند و جهت رفع آلودگی به تجزیه مواد به حالت غیرسمی و یا قابل تجدیدپذیر می‌پردازند [۲].

۳-۳- کاربردهای ساخت مولکولی

از مخابرات مولکولی برای کنترل در انتقال مولکول‌ها و همچنین برای تولید الگوهای جدیدی از مولکول‌ها، می‌توان استفاده نمود. این سیستم می‌تواند طوری برنامه‌ریزی شود تا یک الگوی خاصی از مولکول‌ها را با داشتن آدرس متناظرشان در سیستم به سوی نانوماشین‌های زیستی و یا مولکول‌های مشخص انتقال دهد. پس از انتقال مولکول‌های نانوماشین زیستی به هریک از آدرس‌های موردنظر، می‌توان برای تکمیل ساختار، فرآیندهای شیمیایی را فعال کرد.

اگر امکان برنامه‌ریزی فرآیندهای الگودهی در توالی مولکول‌ها وجود داشته باشد، می‌توان انواع زیادی از اشکال و ساختارها را فقط با استفاده از مکانیزم مشابه، تولید کرد [۲].

۴- مدلسازی سیستم‌های مخابرات مولکولی

مدلسازی سیستم‌های مخابرات مولکولی نقش مهمی در تجزیه و تحلیل و طراحی این نوع سیستم‌ها دارد و می‌تواند به افزایش درک ما از سیستم‌های بیولوژیکی کمک کنند. یک هدف ویژه از مدلسازی چنین سیستم‌هایی، پیاده‌سازی و ساخت شبکه‌های مخابرات مولکولی مصنوعی از نانو سنسورها است که برای نظارت بر سلامت، تشخیص پزشکی و درمان سرطان، کاربرد دارند.

مدل‌های بسیاری برای توصیف و پیشبرد حوزه مخابرات مولکولی ارائه شده است. در این بخش، ابتدا یک مدل ساده از حرکت تصادفی مخابرات مولکولی در سه حالت، حرکت ساده تصادفی، حرکت تصادفی همراه بارانش و حرکت تصادفی همراه با تقویت (مخابرات

رله‌ای) آورده می‌شود. در ادامه یک مدل مبتنی بر واکنش-انتشار ارائه می‌گردد [۱۲].

۴-۱-۱-۴ مدل حرکت تصادفی

حرکت تصادفی اساسی‌ترین مکانیسمی است که مخابرات مولکولی بر آن متکی است. در اینجا سه مدل مختلف آن را بیان می‌کنیم.

۴-۱-۱-۴-۱ حرکت ساده تصادفی

در این روش مولکول‌های اطلاعاتی بطور ساده و بدون اتکا به هیچ‌گونه مکانیسم اضافی در محیط انتشار می‌یابند [۲].

نمونه‌های بسیاری از این دسته از ارتباط مولکولی در زیست‌شناسی یافت می‌شود. یک نمونه آن متابولیت‌های داخل سلولی است که میان سلول‌ها برقرار می‌باشد [۳].

در این روش انتشار، فرستنده نانوماشین زیستی اطلاعات را بر روی یک مولکول اطلاعاتی کدگذاری می‌کند و آن را آزاد می‌کند. سپس مولکول‌ها به طور تصادفی در محیط زیست حرکت می‌کنند و به محض ورود مولکول به گیرنده، اطلاعات آن کدگشایی می‌شود.

۴-۱-۲-۲ حرکت تصادفی همراه بارانش

در این روش حرکت مولکول‌های اطلاعاتی بصورت تصادفی همراه با رانش جهت‌دار می‌باشند. بطوری‌که حرکت تصادفی آن‌ها تحت تأثیر سرعت رانش سیال نیز قرار می‌گیرند. مبتنی بر این روش، مواد هورمونی ترشح شده در جریان خون در سراسر بدن منتشر می‌شوند و به سلول‌های هدف می‌رسند [۱۳]. این روش از مخابرات مولکولی نیز نشان‌دهنده حالت فعال ارتباط مولکولی است که از طریق آن موتورهای پروتئینی، انتقال مولکول‌ها را از یک فرستنده نانوماشین زیستی به یک گیرنده نانوزیستی برعهده می‌گیرند [۱]، [۶].

۴-۱-۳-۳ حرکت تصادفی همراه با تقویت (مخابرات رله‌ای)

روش سوم مبتنی بر حرکت تصادفی همراه با تقویت توسط واکنش شیمیایی است که در مسیر انتشار بین فرستنده و گیرنده صورت می‌پذیرد. تقویت‌کنندگی در محیط می‌تواند قابلیت اطمینان انتشار مولکولی را با افزایش تعداد مولکول‌های اطلاعاتی منتشر شده، افزایش دهد. نقش تقویت‌کننده تولید کپی از مولکول منتشر شده در محیط می‌باشد. این روش مخابرات مولکولی مشابه وجود رله در سیستم‌های مخابرات راه دور است. در این روش از مخابرات مولکولی می‌توان از فعالیت مولکول‌های پروتئینی شامل عامل تقویت یون‌های کلسیم، آدنوزین تری فسفات (ATP) و آدنوزین منوفسفات حلقوی فعال (cAMP) بهره‌گیری کرد [۲].

۴-۲-۲ مدل واکنش-انتشار

در این بخش بر اساس دو پدیده انتشار و واکنش یک مدل تصادفی برای شبکه‌های مخابرات مولکولی ارائه می‌گردد. این روش در فیزیک و شیمی برای مدل کردن سیستم‌هایی که هم واکنش و هم انتشار در آن‌ها صورت می‌گیرد، پرکاربرد است.

در این مدل مولکول‌های سیگنالی L که فرستنده را ترک می‌کنند با توجه به حرکت براونی در محیط پراکنده می‌شوند. هر گیرنده از یک یا چند رسپتور R تشکیل شده است. هنگامی که مولکول سیگنالی L به رسپتور R می‌رسد، به هم متصل می‌شوند و کمپلکس

C را تشکیل می‌دهند. تعداد کمپلکس‌های تشکیل شده درگیرنده، به عنوان خروجی گیرنده در نظر گرفته می‌شود. برای مثال هرگاه در گیرنده تعداد کمپلکس‌ها از یک مقدار آستانه بیشتر شد، می‌توان نتیجه گرفت که یک بیت توسط فرستنده فرستاده شده است. واکنشی که میان سیگنال‌های مولکولی L و کمپلکس C رخ می‌دهد به صورت زیر است.



که در آن k_f و k_r ثابت‌های نرخ واکنش در حد میکروسکوپی می‌باشند. با این فرض، نرخ تشکیل کمپلکس‌ها در گیرنده در هر زمان به تعداد مولکول‌های سیگنالی در محل گیرنده بستگی دارد. هر دو پدیده انتشار و واکنش توسط فرآیند مارکف قابل مدل‌سازی هستند و احتمال شرطی تعداد مولکول‌های سیگنالی در هر زمان توسط معادله اصلی واکنش-انتشار (RDME^۱) قابل توصیف است [۱۴-۱۵].

با توسعه RDME، مدل RDME^۲ ارائه شده است که در آن علاوه بر مدل کردن انتشار در محیط و واکنش‌های صورت گرفته در گیرنده، فرستنده نیز به صورت سری زمانی از تعداد مولکول‌های سیگنالی مدل می‌شود. در محیط همگن یک بعدی با ضریب نفوذپذیری D و مبتنی بر معادله اصلی واکنش-انتشار، میانگین تعداد مولکول‌های سیگنالی، $i(x,t)$ ، در مکان x و زمان t از حل معادلات دیفرانسیلی زیر بدست می‌آید [۱۲].

$$\frac{\partial \ell(x,t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 \ell(x,t)}{\partial x^2} + \delta(x-v_T)v_T(t) - \delta(x-v_R)\frac{du_R(t)}{dt}$$

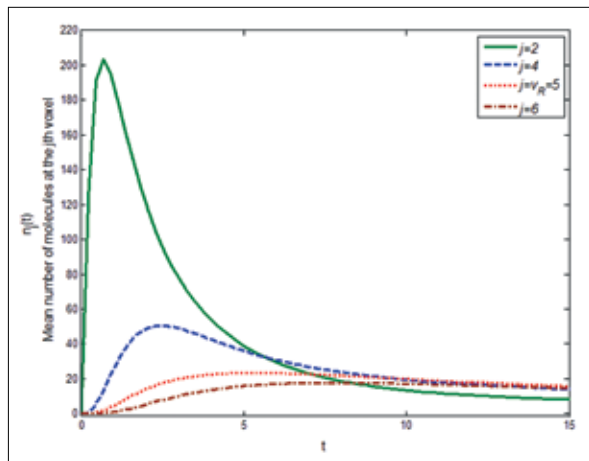
$$\frac{du_R(t)}{dt} = k_f \ell(v_R,t) - k_r u_R(t)$$

به طوری‌که v_R و v_T به ترتیب مکان فرستنده و گیرنده، $V_T(t)$ سیگنال مولکولی ارسالی و $u_R(t)$ سیگنال خروجی گیرنده می‌باشند. از مزایای مدل RDME امکان تعمیم آن به شبکه‌های ارتباط مولکولی با سیستم چند فرستنده - چند گیرنده است. با فرض خطی بودن واکنش در گیرنده، مدل RDME برای تعیین میانگین و کواریانس خروجی گیرنده عبارات‌هایی به فرم بسته ارائه می‌دهد. نتایج حاصل از این مدل نشان می‌دهند که سیگنال خروجی هر گیرنده تحت تأثیر حضور گیرنده‌های دیگر است.

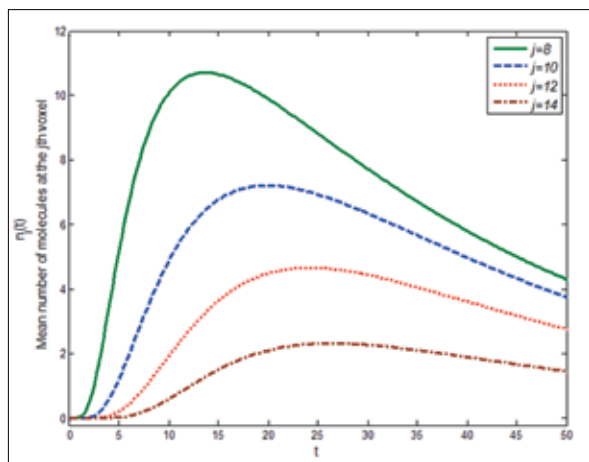
به بیان دیگر این روش برای مدل‌سازی سیستم‌های مخابراتی چند ورودی و چند خروجی (MIMO^۳) مناسب می‌باشد. برای توسعه معادله بالا به حالت سه بعدی و هنگامی که تعداد فرستنده و گیرنده بیش از یکی باشد علاقمندان می‌توانند به [۱۲] مراجعه نمایند.

۴-۳-۳ مدل گسسته یک بعدی

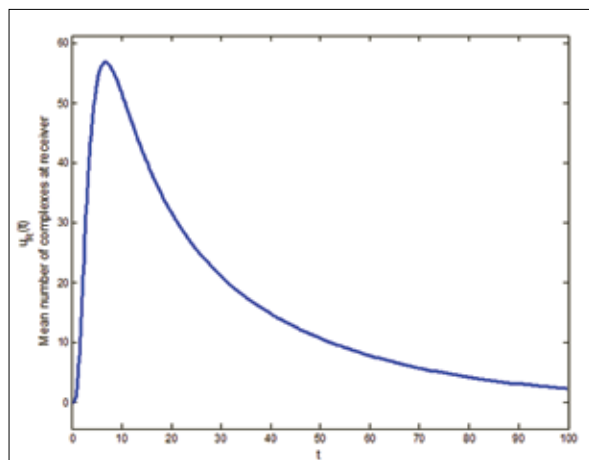
می‌توان نشان داد که حد پیوستگی RDME در واقع یک RDPDE^۴ می‌باشد. یک ویژگی خوب نتیجه RDPDE این است که یک جواب به فرم بسته را در دسترس قرار می‌دهد. این فرم بسته نشان می‌دهد



شکل (۲) - میانگین مقدار مولکول سیگنالی، $n_j(t)$ ، برای $j=2,4,5,6$ هنگامی که $k_i=1$ است و فرستنده در $v_i=1$ و گیرنده در $v_R=5$ قرار دارد.



شکل (۳) - میانگین مقدار مولکول سیگنالی، $n_j(t)$ ، برای $j=8,10,12,14$ هنگامی که $k_i=1$ است و فرستنده در $v_i=1$ و گیرنده در $v_R=5$ قرار دارد.



شکل (۴) - میانگین مقدار کمپلکس، $u_R(t)$ ، برای $k_i=1$ است هنگامی که فرستنده در $v_i=1$ و گیرنده در $v_R=5$ قرار دارد.

که سیگنال خروجی گیرنده می‌تواند در حضور گیرنده‌های دیگر در شبکه، تحت تاثیر قرار بگیرد.

در ادامه، برای سادگی، نتایج شبیه‌سازی برای حالت یک بعدی ارائه شده‌اند. بدین منظور نخست مدل یک بعدی پیوسته و بدنبال آن برای شبیه‌سازی، مدل گسسته مناسبی را بدست می‌آوریم. سپس مبتنی بر مدل گسسته، شبیه‌سازی سیستم مخابرات مولکولی را برای کانال انتقال یک بعدی و واکنش تک مولکولی هنگامی که محیط ارتباطی همگن باشد، انجام می‌دهیم.

سیستم مخابراتی شامل یک فرستنده و یک گیرنده است و در کل محیط انتقال ضریب انتشار مولکولی یکسان فرض می‌گردد. جهت مدل‌سازی گسسته فرض می‌کنیم کانال مخابراتی مطابق شکل (۱) دارای N خانه (وکسل) می‌باشد.

به طوری که در لحظه t میانگین تعداد مولکول‌های سیگنالی در خانه j ام را $n_j(t)$ می‌نامیم. روابط دینامیک تغییرات میانگین تعداد مولکول‌های سیگنالی در خانه j ام بصورت زیر است.

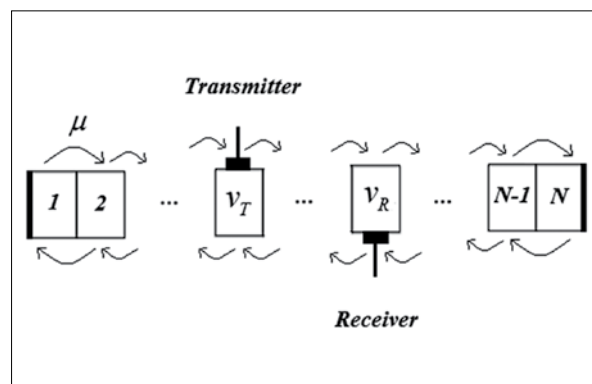
$$\frac{dn_j(t)}{dt} = \mu n_{j-1}(t) - 2\mu n_j(t) + \mu n_{j+1}(t) + v_T(t)\delta(j-v_T) - \frac{du_R(t)}{dt}\delta(j-v_R)$$

$$j = 1, \dots, N$$

$$\frac{du_R(t)}{dt} = \frac{k_f}{\Delta x} n_R(t) - k_r u_R(t)$$

$u_R(t)$ و $n_{v_R}(t)$ به ترتیب میانگین تعداد مولکول‌های کمپلکس و میانگین تعداد مولکول‌های سیگنالی در خانه v_R است که گیرنده در آن قرار دارد. هم‌چنانکه شکل (۱) نشان می‌دهد هر خانه فقط با خانه‌های همسایه‌اش تبادل مولکولی دارد. هدف حل $N+1$ معادله در روابط فوق جهت بدست آوردن میانگین تعداد مولکول‌های کمپلکس و میانگین تعداد مولکول‌های سیگنالی است.

در شبیه‌سازی عددی انجام شده، یک سیستم مخابرات مولکولی با یک فرستنده و یک گیرنده بطوری که کانال انتقال بین آنها یک بعدی گسسته با $N=15$ می‌باشد را پیاده‌سازی نموده‌ایم. سیگنال مولکولی ورودی پالس مربعی با بازه $\tau=0.1$ واحد زمانی در نظر گرفته شده است بطوریکه در این بازه زمانی ۱۰۰۰ مولکول را در



شکل (۱) - خانه‌ها در مدل یک بعدی

فناوری زیستی و نانوماشین‌های محاسباتی گشوده است که در آینده جایگاه ویژه‌ای را در علوم و مهندسی خواهد داشت.

خانه منتشر می‌کند. نرخ نفوذپذیری انتشار (یک مولکول در واحد زمان) است و همچنین فرض می‌کنیم $\Delta x = 0.001$ و $k_f = 2.5 \times 10^{-3}$ می‌باشد.

در شکل‌های (۲) و (۳) میانگین مقدار مولکول سیگنالی، $n_i(t)$ ، برای خانه‌های گوناگون هنگامی که $k_r = 1$ است و گیرنده در $v_R = 5$ قرار دارد نشان داده شده‌اند. چنانچه مشاهده می‌شود با دور شدن از مکان انتشار مولکول‌ها $n_i(t)$ به شدت کاهش می‌یابد و تاخیر رسیدن مولکول به آن‌ها نیز افزایش می‌یابد.

شکل (۴) میانگین مقدار کمپلکس‌ها، $n_R(t)$ ، را نشان می‌دهد که مقدار آن در حدود $t = 7$ به بیشینه می‌رسد و سپس بصورت نمایی کاهش می‌یابد.

چالش‌ها و پژوهش‌های پیش‌رو

تحقیقات اخیر در مخابرات مولکولی به طراحی و تجزیه و تحلیل شبکه‌های مقیاس کوچک که از چند نانوماشین زیستی تشکیل شده است، محدود می‌باشد. یک چالش کلیدی برای پیشبرد حوزه مخابرات مولکولی، توسعه تکنیک‌های قابل اعتماد و مقیاس‌پذیری است که برای ایجاد شبکه‌های مقیاس بزرگ در محیط زیست کاربرد داشته باشند. از دیدگاه شبکه‌های مخابراتی، چالش‌های مربوط به شبکه‌های مخابرات مولکولی با مقیاس بزرگ در سه لایه فیزیکی، پیوندی و شبکه‌ای است که بایستی مورد پژوهش و بررسی قرار گیرد.

در لایه فیزیکی، که وظیفه انتقال مولکول‌ها در محیط فیزیکی را برعهده دارد، مواردی چون انتشار سیگنال، مدولاسیون سیگنال، دامنه سیگنال، ظرفیت کانال، رابطه‌ها و دستگاه‌های سخت افزاری مورد توجه است [۱۸-۱۶].

هر یک از این موارد نیاز به ارائه راهکارهای نوینی در سطح مولکولی دارد. لایه پیوندی در مخابرات مولکولی با چالش‌هایی چون کنترل خطا، آدرس دهی، همگامی، کنترل دسترسی به رسانه، کنترل جریان و اندازه‌گیری فاصله مواجه است و در لایه شبکه، مسائلی چون مسیریابی و پردازش میان شبکه‌ای چالش برانگیز هستند [۴-۲]. با توجه به اینکه پژوهش در شبکه‌های مخابرات مولکولی گام‌های آغازینش را طی می‌کند، هر یک از موارد بیان شده زمینه‌ی پژوهشی نوینی را مطرح می‌کند که در مهندسی پزشکی و فناوری‌های زیستی کاربرد دارد.

۶- جمع‌بندی

مخابرات مولکولی روشی مستقیم برای ارتباط با سیستم‌های بیولوژیکی و انتقال اطلاعات بین نانوماشین‌های زیستی است. در این نوع سیستم‌های مخابراتی، اطلاعات توسط مولکول‌های شیمیایی به نام مولکول‌های اطلاعاتی در محیط انتشار می‌یابد و مبتنی بر مکانیزم‌ها و سیستم‌های بیولوژیکی اطلاعات ارسالی کدگذاری و کدگشایی می‌گردد.

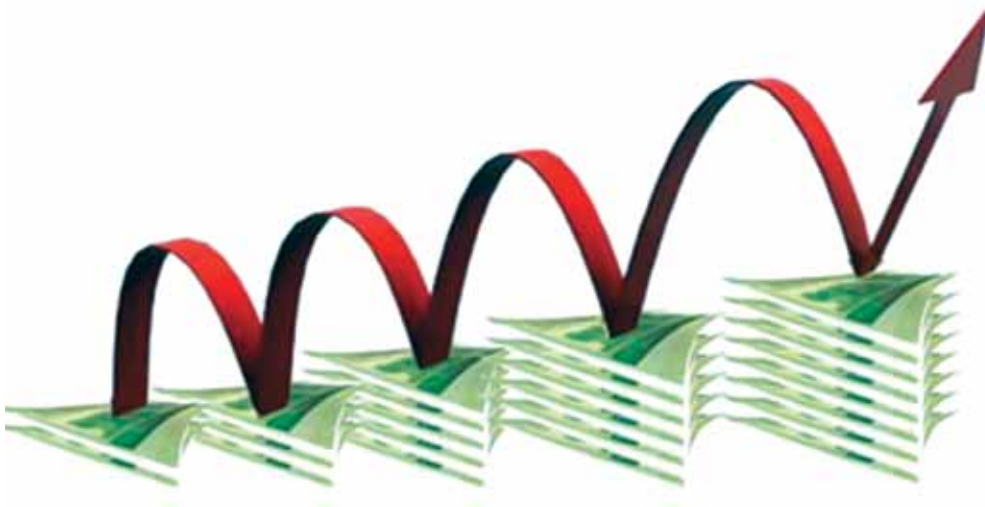
در مقایسه با سیستم‌های مخابراتی مرسوم، سیستم‌های مخابرات مولکولی دارای سرعت و دامنه انتشار محدودی هستند، اما در عوض دارای توانایی انتقال اطلاعات بطور مستقیم با سلول‌ها، اندام‌ها و بافت‌ها می‌باشند که تکنولوژی‌های مخابرات فعلی فاقد آن می‌باشند. مخابرات مولکولی افق‌های نوین پژوهشی را در کاربردهای پزشکی،

بی‌نوشت‌ها

1. Reaction-Diffusion Master Equation (RDME)
2. Reaction-Diffusion Master Equation with Exogenous Input
3. Multi-Input Multi-Output
4. Reaction-Diffusion Partial Differential Equation

مراجع

- [1] T. Nakano, M. Moore, A. Enomoto, T. Suda and H. Sawai (ed.), Biological Functions for Information and Communication Technologies. (Springer-Verlag-Berlin Heidelberg), pp. 49-86, 2011.
- [2] T. Nakano, M. Moore, F. Wei, A. Enomoto A.V. Vasilakos, J. Shuai, "Molecular Communication and Networking: Opportunities and Challenges," IEEE Trans. Nanobiosci., Vol. 11, No. 2, pp. 135-148, 2012.
- [3] D. Malak, O. B. Akan, "Molecular communication nanonetworks inside human body," Nano Communication Networks Journal (Elsevier), No. 3, pp. 19-35, 2012.
- [4] I. F. Akyildiz, F. Brunetti, and C. Blazquez, "Nanonetworks: A new communication paradigm," Comp. Netw., Vol. 52, No. 12, pp. 2260-2279, 2008.
- [5] T. Suda, M. Moore, T. Nakano, R. Egashira, and A. Enomoto, "Exploratory research on molecular communication between nanomachines," in Proc. Late-Breaking Papers Genetic Evol. Comput. Conf. (GECCO), 2005.
- [6] N. Farsad, A. W. Eckford, S. Hiyama and Y. Moritani, "A Simple Mathematical Model for Information Rate of Active Transport Molecular Communication," 1st IEEE International Workshop on Molecular and Nano Scale Communication, pp. 473-478, 2011.
- [7] T. Nakano, T. Suda, T. Koujin, Y. Haraguchi, Y. Hiraoka, "Molecular Communication through Gap Junction Channels: System Design, Experiments and Modeling," Bionetics'07, 2007.
- [8] L. C. Cobo and I. F. Akyildiz, "Bacteria-based communication in nanonetworks," Nano Commun. Netw., Vol. 1, No. 4, pp. 244-256, 2010.
- [9] Y. Moritani, S. Hiyama, and T. Suda, "Molecular communication among nanomachines using vesicles," in Proc. NSTI Nanotech. Conf., Vol. 2, pp. 705-708, 2006.
- [10] Y. Moritani, S. Hiyama, and T. Suda, "Molecular Communication for Health Care Applications," 2006.
- [11] E. Oosterbroek and A. van den Berg, Lab-on-a-Chip: Miniaturized systems for (Bio) Chemical Analysis and Synthesis, Elsevier Science & Technology Books, 2003.
- [12] C. T. Chou, "Extended master equation models for molecular communication networks," IEEE Trans. NanoBiosci., Vol. 12, No. 2, pp. 79-92, 2013.
- [13] K. V. Srinivas, R. S. Adve, and A. W. Eckford, "Molecular Communication in Fluid Media: The Additive Inverse Gaussian Noise Channel," IEEE Trans. Inf. Theory, Vol. 58, No. 7, 2012.
- [14] I. Lestas, J. Paulsson, N. Ross, and G. Vinnicombe, "Noise in gene regulatory networks," IEEE Trans. Auto. Cont., Vol. 53, No. 1, pp. 198-200, 2008.
- [15] D. Miorandi, "A stochastic model for molecular communications," Nano Communication Networks Journal (Elsevier), No. 2, pp. 205-212, 2012.
- [16] M. Pierobon and I. F. Akyildiz, "Capacity of a Diffusion-based Molecular Communication System with Channel Memory and Molecular Noise," IEEE Trans. Inf. Theory, Vol. 59, No. 2, pp. 942-954, 2013.
- [17] D. Arifler, "Capacity Analysis of a Diffusion-Based Short-Range Molecular Nanocommunication Channel," Computer Networks Journal (Elsevier), Vol. 55, No. 6, pp. 1426-1434, 2011.
- [18] P. C. Yen, K. C. Chen, Y. C. Lee, L. S. Meng, P. J. Shin, P. Y. Ko and W. A. Lin, "A New Frontier of Wireless Communication Theory: Diffusion-Based Molecular Communications," IEEE Wireless Communications, Vol. 19, No. 5, pp. 28-35, 2012.



باز انگاری در اقتصاد یارانه‌ای^۱ یگانه راهکار برون رفت از بحران نقدینگی صنعت برق کشور

(نخستین سال اجرای قانون تثبیت قیمت‌ها) تا ۱۳۸۹ درآمد واقعی صنعت برق از محل فروش برق (با قیمت پایه سال ۱۳۸۳) با شیبی تند رو به کاهش گذاشته و این مهم تا آنجا پیش رفت که قیمت واقعی برق، تا ۵۰ درصد قیمت سال پایه کاهش یافت.



شکل ۱- میانگین نرخ فروش برق به قیمت پایه سال ۱۳۸۳

محمدحسن متولیزاده (مدیرعامل شرکت برق منطقه‌ای خراسان)

حمیدرضا حسینی آشتیانی (مدیرعامل شرکت مشاوره مدیریت آریانا)

کمیاب نقدینگی در سال‌های اخیر، صنعت برق را دچار بحران‌های جدی کرده است. افزایش بدهی‌ها و عدم امکان تأمین نقدینگی مورد نیاز صنعت برق، موجب شده است که خرید قطعات بدکی نیروگاه‌ها، اجرای پروژه‌های توسعه، بهینه‌سازی تأسیسات انتقال و توزیع و بهره‌برداری از شبکه‌های برق با مشکلات جدی مواجه شود. بدون شک ادامه این روند، تداوم تأمین برق در کشور را با چالش‌های جدی روبرو می‌سازد. حل ریشه‌ای این چالش، مستلزم شناخت عوامل ایجاد این بحران در صنعت برق است.

مستند پیش‌رو بر آن است ضمن تحلیل دلایل ریشه‌ای بحران نقدینگی صنعت برق، راهکارهای اثربخش برای برون رفت از آن را نیز ارائه نماید.

۲- هدفمندی یارانه‌ها، امیدی که محقق نشد

صنعت برق امیدوار بود در دوره سوم که مطابق شکل (۱) از سال ۱۳۸۸ آغاز می‌شود با اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها و افزایش تعرفه برق، بخشی از مشکلات نقدینگی آن حل شود، اما در عمل بحران نقدینگی عمیق‌تر شد. علت این امر را باید در عوامل زیر جستجو کرد.

با اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، میانگین تعرفه برق از ۱۷۰ ریال به ۴۰۹ ریال به ازای هر کیلووات ساعت افزایش یافت. اما این افزایش به اندازه‌ای نبود که پس از اعمال تأثیر تورم، بهای واقعی برق را به سطح قیمت سال ۱۳۸۳ بازگرداند؛ با هدفمندی یارانه‌ها قیمت واقعی برق در سال ۱۳۹۱ به قیمت پایه سال ۱۳۸۳، به حدود ۱۰۰ ریال رسید که تنها ۷۰ درصد قیمت برق در سال ۱۳۸۳ بود. (بخش قرمز رنگ نمودار شکل ۱)

۱- قانون تثبیت قیمت‌ها، سر منشأ افول صنعت برق

همان‌طور که در شکل (۱) دیده می‌شود، در دوره اول از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۳، درآمد حاصل از فروش برق به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳ تغییر نکرده است. این امر حاکی از آن است که بهای برق متناسب با تورم در این سال‌ها افزایش یافته است تا افزایش هزینه‌های صنعت برق را پوشش دهد. اما در دوره دوم و از ابتدای سال ۱۳۸۴

- حتی همین افزایش بهای برق در مرحله نخست هدفمندی نیز به صنعت برق تزریق نشد. به این ترتیب، دریافت صنعت برق از محل فروش انرژی همچنان روندی کاهشی را ادامه داد (بخش آبی رنگ نمودار شکل ۱). به عبارت دیگر در پایان سال ۱۳۹۱، دریافتی واقعی صنعت برق به ازای هر کیلووات ساعت، به ۵۰ ریال (کمتر از یک سوم دریافتی سال ۱۳۸۳) رسید.

- عدم اجرای مرحله دوم هدفمندی یارانه‌ها و تورم شدید سال‌های اخیر، در عمل افزایش تعرفه برق را خنثی کرد. در حال حاضر قیمت تمام‌شده با قیمت مصوب سوخت نیروگاه‌ها (که بسیار کمتر از قیمت فوب خلیج فارس است) به ازای هر کیلووات ساعت بالغ بر ۱۱۰۰ ریال می‌شود، در حالی که متوسط قیمت فروش برق تنها ۴۰۹ ریال است. اگر هزینه سوخت را با قیمت فوب خلیج فارس در نظر بگیریم، قیمت تمام‌شده (تولید، انتقال و توزیع) هر کیلووات ساعت برق (با احتساب ارز مبادله‌ای) حدود ۳۰۰۰ ریال می‌شود که کمتر از ۱۵ درصد آن را مردم می‌پردازند و بخش قابل توجهی از آن را دوباره در قالب یارانه دریافت می‌کنند. به این ترتیب، به طور متوسط کمتر از ۱۰ درصد قیمت تمام شده برق را مردم می‌پردازند و بیش از ۹۰ درصد دیگر آن را دولت یارانه می‌دهد!

۳- جریان نقدینگی صنعت برق در بخش جاری

عدم تناسب میان تعرفه برق و قیمت تمام‌شده برق، موجب بروز کسری شدید نقدینگی در صنعت برق شده است. به منظور جلوگیری از بروز بحران‌های شدید کمبود نقدینگی در صنعت برق، در سال‌های اخیر بخشی از «هزینه سوخت» از طریق منابع عمومی دولت تأمین و هزینه‌های جاری صنعت برق به هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری تأسیسات محدود شده است.

این هزینه‌ها در عمل تنها ۲۵ درصد هزینه تولید برق است و ۷۵ درصد هزینه تولید برق که سوخت مصرفی نیروگاه‌هاست، از چرخه نقدینگی صنعت برق خارج شده است. با وجود این و مطابق آنچه که در ادامه می‌آید، جریان نقدینگی صنعت برق به گونه‌ای است که کسری نقدینگی بیش از ۵۰ درصدی برای پرداخت هزینه‌های جاری خود دارد.

۳-۱- هزینه‌های جاری صنعت برق

هزینه‌های صنعت برق شامل هزینه‌های تولید، انتقال و توزیع می‌شود. این هزینه‌ها برای راهبری نیروگاه‌ها و حفظ آمادگی آنها و شبکه انتقال و فوق توزیع و همچنین خدمات مشترکان صرف می‌شود.

ظرفیت اسمی نیروگاه‌های کشور در پایان سال ۱۳۹۱ به ۶۸۹۰۰ مگاوات رسید و این میزان ظرفیت در سال گذشته نزدیک به ۲۵۰ تراوات ساعت انرژی الکتریکی به شبکه برق کشور تزریق کرد. برق تولیدی نیروگاه‌ها در بازار برق عرضه می‌شود و بر اساس قیمت‌های ارایه شده توسط نیروگاه‌ها، به ارزان‌ترین قیمت خریداری می‌شود. همان‌گونه که پیش‌تر عنوان شد، قیمت ارایه شده در بازار برق تنها شامل هزینه‌های «تبدیل انرژی» است و هزینه سوخت مصرفی نیروگاه‌ها را شامل نمی‌شود. با توجه به این مهم، متوسط قیمت خرید یک کیلووات ساعت برق از نیروگاه‌های کشور در سال ۱۳۹۱، معادل ۴۶۹ ریال شده است.

در بخش انتقال نیز، بهره‌برداری و نگهداری ۱۱۷/۰۰۰ کیلومتر خط انتقال و فوق توزیع و ۲۸۴/۰۰۰ مگاوات آمپر ترانسفورماتور، هزینه‌ای بالغ بر ۱۸۰۰ میلیارد تومان دارد. به عبارت دیگر، هزینه انتقال برق از مراکز تولید به مراکز مصرف ۸۷ ریال بر کیلووات ساعت هزینه دارد.

توزیع برق در مراکز مصرف، هزینه‌ای بالغ بر ۲۵۰۰ میلیارد تومان دارد. این هزینه صرف نگهداری ۷۰۰/۰۰۰ کیلومتر خط فشار متوسط و فشار ضعیف، ۹۴/۰۰۰ مگاوات آمپر ترانسفورماتور توزیع و خدمت‌رسانی به ۲۹ میلیون مشترک می‌شود. به این ترتیب برای توزیع هر کیلووات ساعت برق، ۱۲۴ ریال هزینه می‌شود.

با توجه به ارقام بالا قیمت تمام شده برق بدون احتساب هزینه سوخت، بالغ بر ۶۸۰ ریال بر کیلووات ساعت می‌شود. با فرض فروش ۲۰۵ تراوات ساعت برق به مشترکان (بدون لحاظ کردن صادرات برق) مجموع هزینه‌های جاری صنعت برق (بدون احتساب هزینه سوخت) به ۱۳۹۰۰ میلیارد تومان می‌رسد.

۳-۲- درآمدهای جاری صنعت برق

درآمدهای صنعت برق از محل فروش برق به مشترکان و صادرات برق است. در حال حاضر متوسط قیمت فروش برق ۴۰۹ ریال بر کیلووات ساعت است که با فرض فروش ۲۰۵ تراوات ساعت برق در هر سال، درآمد ۸۴۰۰ میلیارد تومانی را به دنبال دارد. این درآمد به خزانه‌داری کل واریز می‌شود و بخشی از آن سهم سازمان هدفمندی و بقیه آن به صنعت برق پرداخت می‌شود.

طبق مصوبه دولت تنها ۲۶۴ ریال به ازای هر کیلووات ساعت برق فروش رفته به صنعت برق پرداخت می‌شود و بقیه آن به سازمان هدفمندی تعلق می‌گیرد. تخصیص ۲۶۴ ریال به ازای هر کیلووات ساعت به این معناست که ۵۱۰۰ میلیارد تومان از ۸۴۰۰ میلیارد تومان دریافتی بابت فروش برق به صنعت برق و ۳۳۰۰ میلیارد تومان آن به سازمان هدفمندی (بابت بخشی از هزینه سوخت نیروگاه‌ها) تعلق می‌گیرد.

تخصیص ۲۶۴ ریال به ازای هر کیلووات ساعت به صنعت برق، در حالی صورت می‌گیرد که در سال ۱۳۸۷ به استناد جز «ج» بند ۷ قانون بودجه، قیمت تمام شده برق (بدون هزینه سوخت) به ازای هر کیلووات ساعت ۳۹۰ ریال تعیین شده بود. با توجه به نرخ تورم اعلام شده از سوی بانک مرکزی، این رقم ۳۹۰ ریالی معادل ارزش ۷۸۰ ریال در سال ۱۳۹۱ است. حال آن که قیمت تمام شده برق (بدون هزینه سوخت) در حال حاضر ۶۸۰ ریال (۱۳ درصد کمتر از قیمت سال ۱۳۸۷) است.

در حال حاضر نزدیک به ۱۰ تراوات ساعت برق به کشورهای همسایه صادر می‌شود که درآمدی معادل ۱۷۰۰ میلیارد تومان (با قیمت دلار ۲۵۰۰ تومان) برای صنعت برق به همراه دارد. به این ترتیب، مجموع درآمد صنعت برق از فروش و صادرات برق، ۶۸۰۰ میلیارد تومان خواهد شد.

با توجه به هزینه جاری ۱۳۹۰۰ میلیارد تومانی صنعت برق، دست کم ۷۱۰۰ میلیارد تومان کسری نقدینگی سالیانه در صنعت برق وجود دارد؛ اما در عمل به دلایل زیر کسری نقدینگی از این رقم فراتر می‌رود.

- اضافه برداشت سازمان هدفمندی و عدم پرداخت ۲۶۴ ریال به

جدول ۱- مدت زمان تقریبی استفاده از تجهیزات با پرداخت هزینه‌ای معادل یک پیامک

وسیله برقی	مدت زمان استفاده با هزینه برقی معادل یک پیامک
لامپ کم مصرف ۲۰ واتی	۲۰ ساعت
یخچال فریزر	۶ ساعت
لپ تاپ ۱۲ اینچ	۳ ساعت
کامپیوتر با مانیتور ۱۵ اینچ	۱ ساعت
تلویزیون LCD	۲ ساعت
تلویزیون LED	۳ ساعت

ازای هر کیلووات ساعت به صنعت برق

- عدم وصول تمامی مطالبات فروش انرژی از مشترکان
- عدم پرداخت بخش قابل توجهی از درآمد حاصل از صادرات برق به صنعت برق. برای مثال، پاکستان به جای پرداخت پول برق، به ایران شکر می‌دهد که پول آن نیز به صنعت برق داده نمی‌شود.
پیامدهای این جریان نقدینگی نامناسب به صنعت برق مشکلات بسیاری را برای فعالان این صنعت ایجاد کرده است که مهم‌ترین آنها در زیر فهرست شده‌اند.
- افزایش بدهی صنعت برق به تولیدکنندگان بخش خصوصی برق، پیمانکاران و سیستم بانکی کشور
- عدم امکان تأمین قطعات یدکی، انجام تعمیرات، سرویس و نگهداری به موقع نیروگاه‌ها و شبکه‌های برق و احتمال بروز خاموشی‌های گسترده در آینده نزدیک
- عدم اعتماد و استقبال بخش خصوصی برای حضور و مشارکت در سرمایه‌گذاری در صنعت برق
- از دست رفتن ظرفیت‌های پیمانکاری صنعت برق
- عدم امنیت شغلی برای بیش از ۱۰۰/۰۰۰ شاغل مستقیم و غیرمستقیم صنعت برق

۴- جریان نقدینگی صنعت برق در بخش سرمایه‌ای

هر آنچه که در بالا طرح شد، تنها مربوط به بخش جاری صنعت برق بود، که نشان می‌داد در این بخش به طور سالیانه دست کم ۷۱۰۰ میلیارد تومان کسری نقدینگی خواهیم داشت و تنها راهکار برون‌رفت از آن نیز، اصلاح بهای برق خواهد بود.
از آنجا که صنعت برق در تمام جهان، صنعتی زیرساختی محسوب می‌شود، بخش قابل توجهی از هزینه‌های صنعت در بخش توسعه زیرساخت‌های آن از محل فروش انشعاب به متقاضیان برق تأمین می‌شود.
آنچه در ادامه می‌آید مروری بر عدم توازن منابع و مصارف سرمایه‌گذاری در صنعت برق ایران است.

۳-۳- اصلاح قیمت برق، یگانه راهکار برون‌رفت از کسری نقدینگی جاری

با توجه به تحلیل ارایه شده در سطرهای بالا، با شرایط فعلی و با خوشبینانه‌ترین فرض‌ها، تنها عملیات جاری صنعت برق کشور، پتانسیل کسری نقدینگی سالانه معادل ۷۱۰۰ میلیارد تومان خواهد داشت.
بدیهی است که یگانه راه‌حل برون‌رفت از این بحران، اصلاح قیمت برق و اختصاص این افزایش قیمت به صنعت برق است. در حال حاضر قیمت برق بسیار پایین است و علاوه بر ایجاد بحران کمبود نقدینگی در صنعت برق، تمامی تلاش‌های «مدیریت مصرف» را نیز به شکست کشانده است.

قیمت غیرواقعی برق در سال‌های گذشته، موجب شده که شاخص «شدت مصرف برق» در ایران ۲ برابر متوسط جهان و ۴ برابر کشورهای چون ژاپن و آلمان شود. جالب آن که در سال جاری نیز با وجود شرایط رکود صنعت، شاهد رشد ۸ درصدی در مصرف برق بوده‌ایم. برای جبران کسری نقدینگی ۷۱۰۰ میلیارد تومانی صنعت برق در بخش جاری، باید قیمت برق به ۷۵۵ ریال افزایش یابد و تمامی این افزایش نیز به صنعت برق تعلق بگیرد. ممکن است گفته شود که اصلاح قیمت از ۴۰۹ ریال به ۷۵۵ ریال برای مردم سنگین است، اما بی‌تردید خاموشی‌های گسترده هزینه‌ای به مراتب بیشتر خواهد داشت و مهم‌تر آن که قیمت برق در حال حاضر نیز به شدت ارزان است.

برای روشن شدن ارزانی برق کافی است آن را با هزینه ارسال یک پیامک (sms) مقایسه کنید. جدول (۱) مدت زمان استفاده از چند تجهیز برقی، با هزینه برقی معادل یک پیامک را نشان می‌دهد.
لازم به یادآوری است که این اصلاح قیمت پیشنهادی، تنها برای پوشش هزینه‌های جاری صنعت برق بدون احتساب هزینه سوخت است و همچنان مردم بالغ بر ۷۵ درصد هزینه تمام شده برق با احتساب قیمت سوخت را یارانه می‌گیرند.

۴-۱- مصارف سرمایه‌گذاری در صنعت برق

برآوردها حاکی از آن است که به منظور پاسخگویی به نیاز مصرف رشد سالیانه ۸ درصدی اقتصاد کشور، ظرفیت نیروگاهی کشور باید در هر سال به طور متوسط ۴۰۰۰ مگاوات افزایش یابد. این میزان افزایش سالیانه ظرفیت تولید برق، در بخش انتقال نیازمند احداث ۱۰۰ پست و ۵۰۰۰ کیلومتر شبکه (در مجموع معادل ۳۰۰۰ میلیارد تومان) و در بخش توزیع نیازمند احداث ۲۵۰۰ ترانسفورماتور و ۱۵۰۰ کیلومتر شبکه (در مجموع معادل ۲۰۰۰ میلیارد تومان)، خواهد بود.

با فرض آن که احداث ۴۰۰۰ مگاوات ظرفیت جدید نیروگاهی در هر سال، معادل ۷۵۰۰ میلیارد تومان سرمایه‌گذاری نیاز داشته باشد، جمع سرمایه‌گذاری سالیانه مورد نیاز صنعت برق در هر سال (مصارف سرمایه‌گذاری)، معادل ۱۲۵۰۰ میلیارد تومان برآورد می‌شود.
از آنجا که مدل کسب و کار حاکم بر صنعت برق جهان، به گونه‌ای است که عمده سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای توسعه ظرفیت نیروگاهی، از سوی بخش خصوصی تأمین می‌شود، فرض ما نیز بر آن است که در صورت تحقق موارد زیر، سرمایه‌گذاری در بخش تولید از دوش

دولت برداشته شود.

- تسهیل ورود سرمایه‌گذاران بخش خصوصی به صنعت نیروگاهی کشور با اصلاح مکانیزم‌های اقتصادی بازار برق
- استفاده از منابع صندوق توسعه ملی برای افزایش ظرفیت نیروگاهی
- استفاده از ظرفیت‌های قانونی برای احداث واحد بخار نیروگاه‌های سیکل ترکیبی (ماده ۱۹ بودجه سال ۱۳۹۲)

۴-۲- منابع سرمایه‌گذاری در صنعت برق

همان‌گونه که پیش‌تر عنوان شد، مهمترین منبع سرمایه‌گذاری برای توسعه ظرفیت نیروگاهی و شبکه موردنیاز، درآمد ناشی از فروش انشعاب به متقاضیان است.

متأسفانه در این بخش نیز با توجه به عدم افزایش ودیعه انشعاب از سال ۱۳۸۳ تاکنون، با فرض واگذاری ۱/۵ میلیون انشعاب جدید در هر سال، درآمد سالیانه ناشی از فروش انشعاب، تنها معادل ۷۰۰ میلیارد تومان می‌شود.

در نهایت آن که با فرض تحقق ۴۰۰ میلیارد تومان منبع از محل منابع عمومی کشور، جمع کل منابع در دسترس سالیانه برای سرمایه‌گذاری در صنعت برق، در بهترین حالت، معادل ۱۱۰۰ میلیارد تومان خواهد بود.

با توجه به تحلیل‌های کمی ارایه شده در بالا، نتیجه می‌گیریم که مشابه بخش جاری، در بخش سرمایه‌گذاری صنعت برق نیز (بدون احتساب سرمایه‌گذاری در بخش نیروگاهی)، هر سال دست‌کم معادل ۳۹۰۰ میلیارد تومان کسری بودجه خواهیم داشت.

۴-۳- راهکارهای برون‌رفت از کسری منابع سرمایه‌ای

مشابه راهکار ارایه شده در بخش جاری، راهکارهای برون‌رفت از کسری منابع سرمایه‌ای صنعت برق نیز ریشه در اقتصاد برق دارد. به نظر می‌رسد که در این بخش، دو موضوع زیر باید مورد توجه جدی قرار گیرد.

■ اصلاح ودیعه انشعاب

همان‌گونه که پیش‌تر عنوان شد، ودیعه برقراری انشعاب از سال ۱۳۸۳ تاکنون ثابت مانده است؛ حال آن که هزینه‌های توسعه شبکه و زیرساخت‌ها، در ۱۰ سال گذشته دست‌کم به میزان تورم افزایش داشته است. با توجه به این مهم و با فرض عدم افزایش هزینه واقعی ودیعه انشعاب، ودیعه انشعاب در سال جاری باید دست‌کم متناسب با تورم سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۲ افزایش یابد. لازم به یادآوری است که در صورت اصلاح ودیعه انشعاب با توجه به تورم بخشی صنعت برق (صنعت ساخت و احداث)، افزایش ودیعه انشعاب به مراتب بیشتر خواهد شد.

■ توجه جدی به موضوع مدیریت مصرف

قیمت غیرواقعی برق موجب شده که در سه دهه گذشته متوسط سالیانه رشد مصرف و رشد پیک، به حدود ۸ درصد برسد. نتیجه این روند نیز به نوبه خود منجر به افزایش نامبارک شاخص شدت مصرف برق (دو برابر متوسط جهان) شده است. با توجه به این مهم به نظر می‌رسد که توجه جدی و التزام عملی به کاهش مصرف

برق و مدیریت تقاضا، می‌تواند بخشی از نیازهای سالیانه صنعت به سرمایه‌گذاری‌های جدید را جبران نماید.

۵. سخن پایانی

صنعت برق کشور روزهای دشواری را پشت‌سر می‌گذارد. وزارت نیروی دولت یازدهم، صنعت برقی را تحویل می‌گیرد که با بحران کمبود نقدینگی و بدهی سنگین به پیمانکاران و بانک‌ها مواجه است. از سوی دیگر مطابق تحلیل‌های کمی ارایه شده، جریان نقدینگی حاکم بر صنعت برق، در دو بخش جاری (بدون احتساب هزینه سوخت نیروگاه‌ها) و سرمایه‌ای (بدون احتساب سرمایه احداث نیروگاه)، سالیانه ۱۱۰۰۰ میلیارد تومان به بدهی‌های آن می‌افزاید. تحلیل‌های کمی ارایه شده در این مستند، اگر مخاطب خود را به این باور رسانده باشد که یگانه راهکار برون‌رفت از بحران نقدینگی حاکم بر صنعت برق، اصلاح «پارادایم اقتصاد یارانه‌ای» حاکم بر آن است، به اهداف خود دست یافته است.

باید پذیرفت که اقتصاد، از هر نوع آن و از جمله اقتصاد برق و انرژی، زبان خود را دارد و نمی‌توان بدون توجه به آن و رعایت الزام‌های بنیادین آن، انتظار حل چالش‌های حال حاضر صنعت برق را داشت.

پی‌نوشت

۱- این مقاله در روزنامه دنیای اقتصاد در تاریخ ۱۳۹۲/۰۶/۲۶ منتشر شده است.

مراجع

دفتر مطالعات استراتژیک و اقتصادی، سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
قادری فرید، محمدعلی خانی مسعود، و موسوی اهرنجانی پریسا (۲۰۰۵)، کاهش شدت انرژی برق صنایع با استفاده از هدفمندسازی وضع تعرفه. بیستمین کنفرانس بین‌المللی برق وزارت نیرو، ترازنامه انرژی سال (۱۳۸۸)
آثار سیاست‌های قدیمی برق بر تورم در ایران با استفاده از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE)، دانشگاه تربیت مدرس تهران
فصل‌نامه مطالعات اقتصاد و انرژی، شماره ۱۶



امکان سنجی فن آوری‌های مختلف تولید سلول‌های خورشیدی به منظور تولید بومی و انتخاب نوع خط تولید

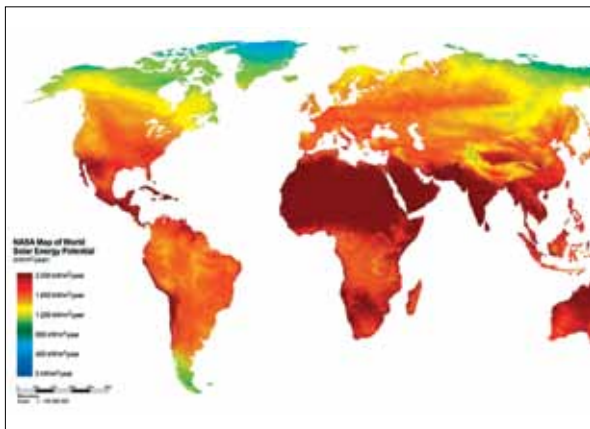
کلمات کلیدی: سلول‌های خورشیدی، بازگشت سرمایه، شرایط اقلیمی، سلول‌های خورشیدی سیلیکانی و لایه نازک

۱- مقدمه

در سال ۱۸۳۹ برای نخستین بار دانشمندان به خاصیت بعضی از مواد در تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته پی بردند (هنری بکیورل [۱])، اما این اثر تا سال ۱۹۵۴ که آقای چاپین اولین سلول خورشیدی سیلیکانی را در آزمایشگاه بل ساخت، مورد توجه قرار نگرفته بود [۲].

بعد از آن تلاش‌های بسیاری برای گسترش و افزایش بازده این تبدیل انجام شده است؛ چنانکه امروزه بسیاری از کشورهای صنعتی جهان بخش عمده‌ای از سرمایه‌گذاری‌های کلان خود را به این سمت سوق داده‌اند.

کشور ما ایران، در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در منطقه‌ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد (شکل ۱). متوسط میزان تابش پرتوی خورشیدی در ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال تخمین زده شده است (که البته بالاتر از میزان متوسط جهانی است).



شکل ۱- نقشه میزان متوسط تابش سالانه انرژی خورشید در جهان بر حسب کیلووات ساعت بر متر مربع [۳]

جواد باصری/موسسه آموزش عالی خاوران

Javad_Basari@yahoo.com

مهسا حمیدی/ شرکت برق منطقه‌ای خراسان رضوی

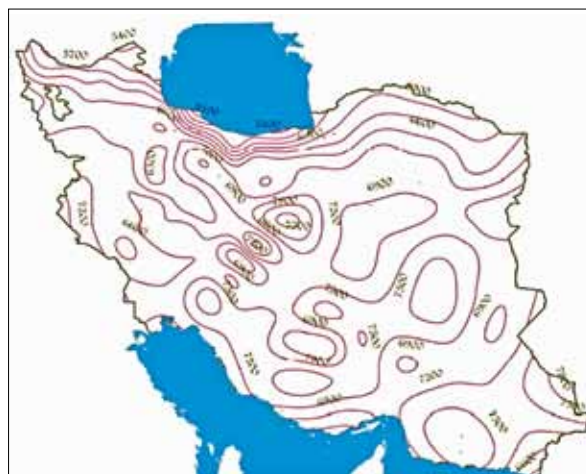
ma_hamidi2003@yahoo.com

کشور ما ایران، در منطقه‌ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین سایر نقاط جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد.

خوشبختانه با پیشرفت فن آوری، هزینه تولید سلول‌های خورشیدی سیر نزولی داشته است. بنابراین در برنامه‌ریزی برای آینده، انتخاب مواد اولیه جهت ساخت سلول خورشیدی و نوع فن آوری مورد استفاده اهمیت فوق‌العاده بالایی دارد به نحوی که می‌تواند آینده یک کشور را نیز تحت‌الشعاع خود قرار دهد. در این مقاله ضمن بررسی انواع فن آوری‌های مختلف تولید سلول‌های خورشیدی و مقایسه قیمت، مزایا و معایب و مدت بازگشت سرمایه آنها با یکدیگر مقایسه گردیده است.

علاوه بر این با بررسی شرایط اقلیمی و اقتصادی کشور امکان‌سنجی فن آوری‌های مختلف تولید سلول‌های خورشیدی از جمله فن آوری سیلیکان و لایه نازک، انتخاب صحیح نوع خط تولید برای کشور امکان‌پذیر می‌گردد.

در ایران به طور متوسط سالیانه بیش از ۲۸۰ روز آفتابی گزارش شده است که بسیار قابل توجه است [۴]. در شکل (۲) میزان تابش سالانه نقاط مختلف ایران بر حسب مگاوات بر مترمربع نشان داده شده است.



شکل ۲- مجموع انرژی تابشی سالانه خورشید در نقاط مختلف ایران بر حسب مگاوات بر متر مربع [۵]

مشکل اساسی برای گسترش سیستم‌های فتوولتائیک قیمت زیاد آنها می‌باشد. خوشبختانه با پیشرفت فن‌آوری هزینه تولید سلول‌های خورشیدی سیر نزولی داشته اما هنوز یک مسأله اساسی می‌باشد. در برنامه‌ریزی برای آینده انتخاب مواد اولیه جهت ساخت سلول خورشیدی و نوع فن‌آوری مورد استفاده اهمیت فوق‌العاده بالایی دارد به نحوی که می‌تواند آینده یک شرکت یا حتی یک کشور را نیز تحت‌الشعاع خود قرار دهد.

پارامترها و یا معیارهای تاثیرگذار در انتخاب یک نوع خاص از سلول‌های خورشیدی می‌تواند در قدم اول راندمان سلول باشد، اما دیدگاه‌های اقتصادی و زیست محیطی نیز دارای اهمیت فراوان هستند. بنابراین از دیدگاه اقتصادی:

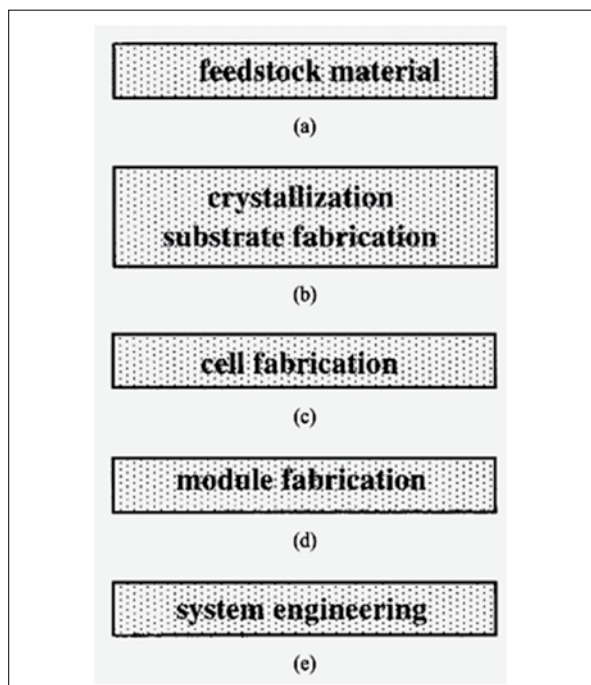
- ۱) اولین معیار موجود بودن و ارزان بودن یک ماده برای تولید سلول خورشیدی با راندمان بالا در ابعاد وسیع می‌باشد.
- ۲) دومین معیار جنبه‌های زیست محیطی و ایمنی است. مثلاً با وجود بازده بالا برای بعضی از مواد شبیه: As و Cd، این مواد به شدت سمی بوده و برای سلامت انسان و طبیعت مضر هستند.
- روش مستقیم تبدیل نور به الکتریسته را اثر یا پدیده فتوولتائیک می‌نامند.
- برای تبدیل نور به الکتریسته چهار مرحله نیاز است (شکل ۳):

 ۱. جذب نوری که باعث ایجاد حالت برانگیخته شود.
 ۲. تبدیل حالت برانگیخته به زوج الکترون-حفره آزاد.
 ۳. جداسازی حامل‌های آزاد از یکدیگر (حرکت خلاف هم الکترون و حفره)
 ۴. ترکیب الکترون با حفره‌ای که از سر منفی رسیده

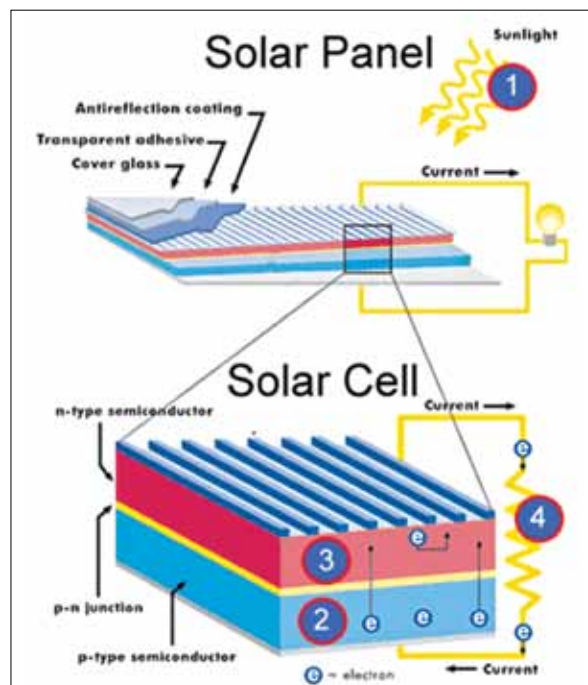
۲- روش‌های ساخت سلول‌های خورشیدی

۲-۱- فن‌آوری‌های ساخت سلول خورشیدی کریستال سیلیکانی

از آنجا که در صد بالایی از بازار سلول‌های خورشیدی جهان را سلول‌های خورشیدی کریستال سیلیکانی تشکیل می‌دهند، در این قسمت ابتدا روش‌های ساخت این نوع از سلول‌های خورشیدی را بررسی خواهیم کرد. در ساختارهای سیلیکونی نیز به علت مصرف زیاد مواد اولیه در ساختارهای تک بلور، جهت‌گیری روش‌های ساخت به سمت ساختارهای چند بلوری، و بلورهای بی‌شکل لایه نازک می‌باشد. به طور کلی مراحل ساخت سلول‌های خورشیدی کریستال سیلیکانی را می‌توان به صورت دیاگرام شکل (۴) خلاصه نمود.



شکل ۴- زنجیره ساخت سلول‌های خورشیدی کریستال سیلیکانی [۷]



شکل ۳- مراحل تولید توان الکتریکی از نور خورشید [۶]

۲-۱-۱- روش مواد حجمی رایج^۱

یکی از مراحل مهم ساخت سلول‌های خورشیدی سیلیکانی ایجاد شمش‌های سیلوگون می‌باشد.

دو روش عمده برای ایجاد این شمش‌ها وجود دارد:

(۱) روش چکرلاسکی^۲ برای تهیه شمش تک بلور

(۲) روش ریخته‌گری^۳ برای ساخت شمش‌های چند بلوری.

به علت مزایای سیلیکان تک بلور راندمان سلول‌های خورشیدی تک بلور ۱/۵ تا ۲ درصد از راندمان سلول‌های خورشیدی چند بلور بیشتر است. به علت مصرف مواد اولیه بیشتر و مراحل ساخت پیچیده‌تر قیمت تمام‌شده سلول در حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد بیشتر می‌شود.

روش‌های رایج ساخت سیلیکان چند بلور در سلول‌های خورشید شامل:

(۱) انجماد جهت‌دار صحیح^۴ و (۲) روش ریخته‌گری الکترومغناطیسی^۵ می‌باشند.

در روش ریخته‌گری الکترومغناطیسی عمل ذوب توسط نیروی القای الکترومغناطیسی انجام شده و به علت نداشتن تماس با ظرف می‌توان به راندمان بیشتری در حدود ۵/۵ تا ۱ درصد بیشتر از انجماد جهت‌دار رسید [۷].

۲-۱-۲- ساخت کریستال نواری^۶

برای ساخت کریستال نواری روش‌های زیادی وجود دارد که در این قسمت فقط به نام آنها اشاره شده برای جزئیات بیشتر می‌توان به مرجع [۷] مراجعه کرد.

۲-۱-۳- فن آوری چاپ تصویر^۷

اغلب سلول‌های خورشیدی سیلیکان موجود در بازار با روش چاپ تصویر ساخته می‌شوند. این روش که یک روش ساده، مستحکم و پیوسته می‌باشد به راحتی با فرآیندهای ساخت قابل تطبیق می‌باشد. خطوط تولید کاملاً خودکار این روش ساخت توسط چند شرکت به بازار عرضه گردیده است. فرآیندهای ساخت روش چاپ تصویر برای سال‌های متمادی تغییر چندانی نکرده است و این روش‌ها به دو صورت معمولی و روش فایرینگ-ترو^۸ PECVD SiN انجام می‌شود.

۲-۲- فن آوری‌های ساخت سلول‌های خورشیدی لایه نازک سیلیکانی

برای رشد یک لایه سیلیکان نازک به ضخامت حدود ۱۰ میکرومتر یا کمتر روی یک لایه‌ای غیر از سیلیکان بلوری روش‌های متعددی وجود دارد که اکثر این روش‌ها در مراحل ساخت مدارات مجتمع استفاده می‌شوند. برای اطلاعات بیشتر می‌توان به مرجع [۸] و یا کتاب‌های مرجع ساخت مدارات مجتمع رجوع کرد. در زیر به تعدادی از این روش‌ها اشاره گردیده است:

- Chemical Vapor Deposition (CVD),
- Plasma Enhanced CVD (PECVD),
- Ion Assisted Deposition (IAD),
- Liquid Phase Epitaxy (LPE)
- Solid Phase Crystallization (SPC) Of Amorphous Silicon.

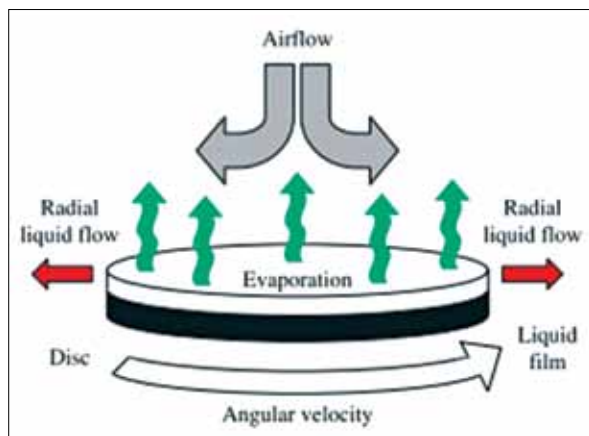
۲-۳- فن آوری‌های ساخت سلول‌های خورشیدی ارگانیک

۲-۳-۱- روش‌های پوشاندن و چاپ^۹

پوشاندن چرخشی^{۱۰}

بی‌تردید روش پوشاندن چرخشی که در صنایع نیمه‌هادی نیز برای پوشاندن نور مقاوم^{۱۱} روی سطح ویفر استفاده می‌شود، یکی از مهمترین

روش‌های توسعه سلول‌های خورشیدی ارگانیک می‌باشد. این روش که مشابه روش ساختن CD/DVD نیز می‌باشد به گونه‌ای است که ابتدا مایع مورد نظر روس سطح ریخته شده و سپس توسط عمل چرخاندن روی تمام سطح را به طور یکنواخت می‌پوشاند (شکل ۵). ضخامت، ریخت و توپوگرافی لایه به سرعت چرخش، چسبناکی، فرار بودن، قابلیت نفوذ، وزن ملکولی و چگالی ماده محلول بستگی دارد.



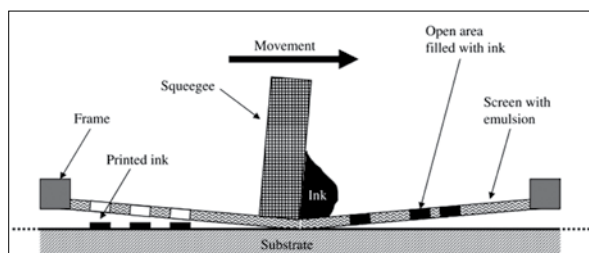
شکل ۵- نمای کلی از نحوه انجام عمل پوشاندن چرخشی [۹]

پوشاندن توسط تیغه^{۱۲}

روش دیگری که با آن می‌توان یک لایه با ضخامت دلخواه (در حدود ۱۰-۵۰۰ میکرومتر) ایجاد کرد، روش پوشاندن توسط تیغه می‌باشد. در این روش که نسبت به روش قبل میزان دورریز مواد خیلی کمتر می‌شود، مواد توسط یک تیغه تیز که در فاصله دلخواه از زیرلایه قرار گرفته پخش می‌شوند. مواد باید در جلوی تیغه ریخته شده و تیغه با یک سرعت ثابت آنها را پخش می‌کند.

چاپ تصویر^{۱۳}

این روش که قبلاً نیز در ساخت سلول‌های خورشیدی کریستال سیلیکانی به آن اشاره شد، توسعه آن به اوایل قرن بیستم برمی‌گردد و دارای تکنیک‌های بسیار متنوعی می‌باشد. در این روش چون مواد اصلاً هدر نمی‌روند صرفه‌جویی زیادی در هزینه‌ها خواهد شد. در این روش نیاز به یک فیلم با ضخامت زیاد و محلول با چسبناکی بالا و فراریت کم می‌باشد. فرایند انجام این کار در شکل (۵) به صورت کلی آورده شده است. همانگونه که در این شکل مشاهده می‌شود، تصویر که از مواد چوبی ساخته شده روی فریم چسبانده شده است. تصویر به مواد امولسیون که برای محلول پوششی غیر قابل نفوذ هستند، منتقل می‌گردد. سپس با ریختن محلول پوششی در فریم و چسباندن آن به زیرلایه، محلول از محل‌های مورد نظر عبور کرده و طرح را به روی زیرلایه منتقل می‌نماید.

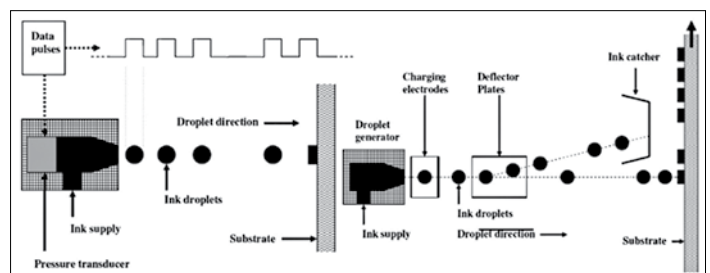


شکل ۶- تصویر پروسه چاپ تصویر [۹]

با بهبود ساختار روش چاپ تصویر به صورت اسکوئیزی^{۱۴} می‌توان از این روش در تکنیک‌های رول به رول استفاده کرد. این ساختار در شکل (۹) نشان داده شده است.

چاپ جوهر افشان^{۱۵}

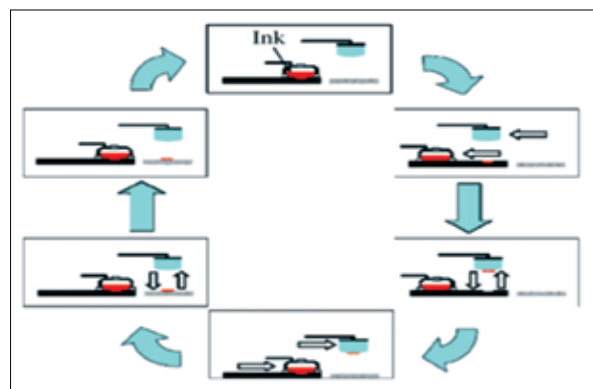
این روش که از دیدگاه صنعتی یک روش نسبتاً جدید است، به راحتی توسط چاپگرهای جوهرافشان ارزان قیمت قابل انجام است. در نمونه صنعتی این نوع چاپگرها مواد بکار رفته قابل تغییر می‌باشند. نوک چاپگر معمولاً باید از جنس سرامیک باشد تا در مقابل مواد ارگانیک مقاوم باشد. با استفاده از این تکنیک براحتی می‌توان به رزولوشن 300dpi یا حتی 1200dpi رسید. تنها مشکل این روش محدودیت سرعت آن می‌باشد. ضخامت خشک مواد از طریق تعداد قطرات که روی سطح پاشیده می‌شود تعیین می‌گردد. در شکل (۷) اصول کلی این روش و تصویر یک نمونه صنعتی این چاپگر آورده شده است.



شکل (۷) - نمای کلی روش چاپ جوهر افشان [۹]

چاپ بالشتکی^{۱۶}

برای چاپ روس سطوح ناصاف و یا سطوح محدب و مقعر فقط چندین تکنیک هستند که خوب عمل می‌کنند. یکی از این تکنیک‌ها چاپ بالشتکی می‌باشد که چندین مزیت دیگر را نیز به همراه دارد. اما این تکنیک فقط برای سطوح کوچک مناسب بوده و قادر است یک تصویر دو بعدی را چاپ کند. این روش شبیه روش چاپ افست می‌باشد که مهر ژلاتینی از جنس سیلیکان طرح را از روی گراور به زیرلایه منتقل می‌نماید. چرخه انجام این عملیات در شکل (۸) نشان داده شده است.

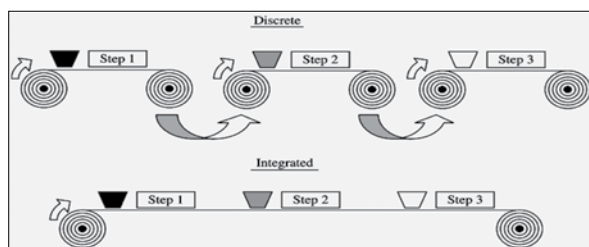


شکل (۸) - چرخه عملیات چاپ بالشتکی [۹]

۲-۳-۲- تکنیک‌های رول به رول

تمام موارد بررسی شده در قسمت تنها روی یک زیرلایه عمل می‌کردند، اما مواردی که در این بخش بررسی می‌شوند قابلیت این را دارند که روی زیرلایه‌های وسیع‌تر که از دو طرف روی رول تابیده

شده‌اند، عمل چاپ را انجام دهند. برای عمل چاپ ابتدا شبکه مورد نظر از رول اول باز شده و پس از انجام عمل چاپ و مابقی فرآیندها از قبیل: گرمادهی، خشک کردن و ... دوباره روی رول دوم پیچیده می‌شود. در حالت کلی چون در ساخت سلول‌های خورشیدی ارگانیک نیاز به لایه‌های مختلف می‌باشد، قراردادن این لایه‌ها به دو روش کلی مجزا و یکپارچه مطابق شکل (۹) می‌تواند انجام شود. نکته‌ای که در مورد این روش‌ها باید به آن اشاره کرد اینست که با توجه به تجاری شدن ساخت سلول‌های خورشیدی ارگانیک شرکت‌های سازنده به دلیل رقابتی بودن بازار، اطلاعات بسیار کمی در مورد خطوط تولید جدید ارائه می‌نمایند.



شکل ۹- دو روش کلی R2R به صورت مجزا و یکپارچه [۹]

۳- برآورد هزینه نصب سلول‌های خورشیدی WP

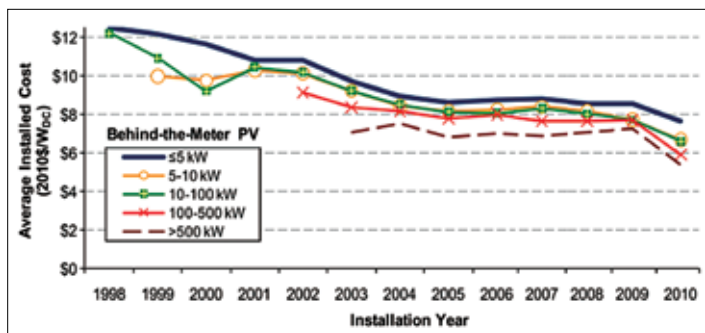
مهمترین مشکل توسعه سیستم‌های فتوولتائیک به عنوان یک منبع انرژی تجدید پذیر هزینه بالای سرمایه گذاری این سیستم‌ها می‌باشد. خوشبختانه در سال‌های آینده انتظار می‌رود که هزینه سرمایه‌گذاری برای ساخت این سیستم‌ها کاهش چشم‌گیری داشته باشد. از طرفی با پیشرفت فن‌آوری می‌توان به کارایی‌های بالاتر نیز دست یافت. از اینرو پیش‌بینی می‌شود که قبل از سال ۲۰۱۵ هزینه این سیستم‌های با سیستم‌های سوخت فسیلی قابل رقابت باشد و تا قبل از سال ۲۰۲۰ در سرتاسر جهان به صورت گسترده مورد استفاده قرار بگیرند.

۳-۱- قیمت پانل‌های فتوولتائیک

هزینه انرژی در یک سیستم تجدید پذیر با مشخص کردن انرژی که در مدت زمان طول عمر به علاوه بیست سال و کل هزینه در طول عمر آن، به دست می‌آید. با این وجود مقایسه این قیمت‌ها با قیمت انرژی در منابع رایج، ممکن است اشتباه باشد. یک نکته آن است که این مقایسه برای هزینه سیستم فتوولتائیک در بیست سال آینده است، در حالی که قیمت انرژی الکتریکی مصرفی، قیمت حال حاضر است که معمولاً بر اساس نیروگاه‌هایی با طول عمر بالا به دست می‌آید. برای تصحیح این خطا، باید قیمت انرژی ناشی از منابع رایج را طی بیست سال آینده تخمین زد که البته کاری دشوار می‌باشد.

مشکل بعدی آن است که هزینه‌ها به شدت وابسته به فرض‌هایی است که در آنالیز قیمت به کار می‌روند. برای مثال، هزینه‌های ناشی از قرض گرفتن پول برای خرید سیستم فتوولتائیک، ممکن است هزینه‌ی کل سیستم را دو برابر کند. همچنین هزینه‌ها به میزان تابش خورشید و محل قرار گرفتن سیستم فتوولتائیک وابسته است. واضح است که مکان‌هایی با تابش بالای خورشید، هزینه‌ی برق کمتری دارند (اگر چه هزینه اولیه سیستم یکسان است).

در نهایت سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر دارای هزینه‌های جانبی چون نصب سیستم هستند که این نوع از هزینه‌ها کشور به کشور متفاوت



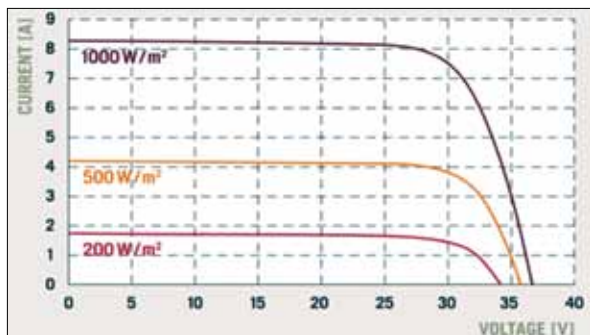
شکل ۱۲- متوسط هزینه سیستم‌های نصب‌شده در آمریکا برای ظرفیت‌های مختلف [۱۲]

۴- بررسی شرایط اقلیمی در انتخاب سلول خورشیدی

شرایط اقلیمی یک منطقه برای استفاده از سلول‌های خورشیدی نقش بسیار مهمی دارند. برای رسیدن به حداکثر راندمان یک نوع سلول خورشیدی باید پارامترهای زیادی از جمله: نوع، جنس و راندمان نامی سلول خورشیدی، میزان تابش نور خورشید در روز، فصل و سال، دما، رطوبت، میزان گرد غبار و نوع آب و هوا از نظر ابری یا آفتابی بودن، را در نظر گرفت. از این رو در ادامه به بعضی از این موارد خواهیم پرداخت.

۴-۱- اثر میزان شدت تابش نور خورشید در راندمان و توان خروجی سلول خورشیدی

جهت بررسی اثر میزان تابش روی توان خروجی سلول خورشیدی، به عنوان نمونه ماژول فتوولتائیک تجاری شرکت Q-Cells در نظر گرفته شده است. همانطور که در شکل (۱۳) مشاهده می‌شود، میزان تابش خورشید با جریان تقریباً یک رابطه خطی داشته و از آنجا که ولتاژ تغییر چندانی نمی‌کند، بنابراین با کاهش میزان تابش، حداکثر توان خروجی نیز به صورت خطی کاهش می‌یابد. از نظر جغرافیایی مناطقی این خصوصیت را دارند، که در نواحی استوایی قرار دارند. کشور ما با توجه به اینکه در نیمکره شمالی واقع شده است، بدلیل نزدیکی به خط استوا پتانسیل مناسبی از نظر میزان و شدت تابش دارد که در بخش اول به آن اشاره شد.

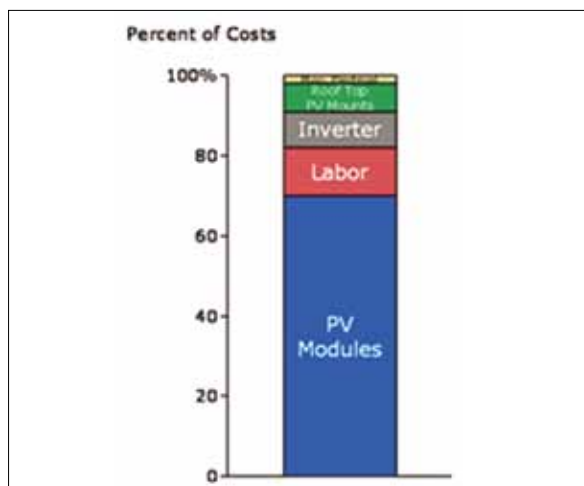


شکل ۱۳- نمودار تغییرات ولتاژ جریان و توان حداکثر سلول خورشیدی بر حسب میزان تابش نور خورشید [۱۳]

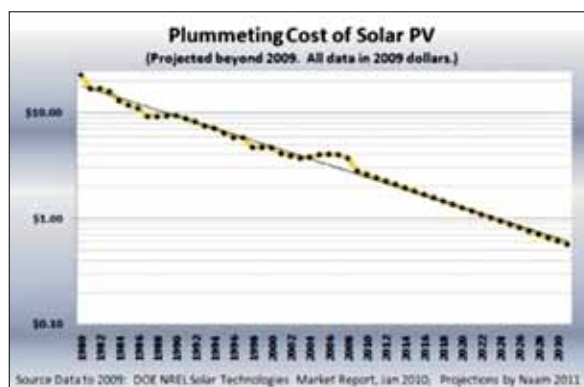
عامل دیگری که باید به آن اشاره کرد کاهش راندمان سلول‌های خورشیدی با کاهش شدت تابش انرژی خورشیدی می‌باشد. هماهنگی که در شکل (۱۴) مشاهده می‌شود کاهش شدت نور به کمتر از 400 W/m^2 علاوه بر کم شدن توان خروجی، باعث کاهش راندمان نامی سلول نیز کاهش می‌شود. در میزان تابش 100 W/m^2 این راندمان تا ۱۰٪ افت خواهد کرد.

می‌باشند و این چنین اثرهایی به راحتی قابل اعمال در کل هزینه‌ها نیستند.

طبق نمودار شکل (۱۰) حدود ۷۰٪ قیمت سیستم‌های فتوولتائیک، هزینه ماژول‌های فتوولتائیک می‌باشد. کاهش قیمت سلول تاثیر به سزایی در کاهش قیمت تمام‌شده سیستم‌های فتوولتائیک خواهد داشت (شکل ۱۱).



شکل ۱۰- میزان درصد هزینه بخش‌های مختلف یک سیستم فتوولتائیک [۱۰]



شکل ۱۱- نمودار پیش‌بینی کاهش قیمت سلول‌های خورشیدی [۱۱]

۳-۲- هزینه سیستم‌های نصب‌شده به طور کامل

هزینه معمول یک سیستم فتوولتائیک شامل هزینه تجهیزات و هزینه نصب سیستم می‌باشد، که معمولاً برحسب دلار بر وات ارئه می‌شود. متوسط هزینه یک سیستم خانگی می‌تواند از 2000 تا 50,000 \$ باشد.

- متوسط هزینه کلیه تجهیزات شامل پانل، مبدل، پایه‌های نصب تجهیزات الکتریکی و ... در حدود 5\$/W در هر وات می‌شود. در صورت استفاده از باتری پشتیبان 2\$/W نیز به آن اضافه می‌گردد.
- متوسط هزینه نصب در حدود 2\$/W بوده که شامل نصب فیزیکی سیستم و اتصال آن به شبکه می‌باشد.

در شکل ۱۲ متوسط هزینه سیستم‌های نصب‌شده به طور کامل بر حسب ظرفیت آنها در سال‌های مختلف نشان داده است. همانگونه که در این شکل مشاهده می‌شود هزینه سیستم‌های نصب‌شده برای سیستم‌ها با ظرفیت بالا در فاصله سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ کاهش یافته است.

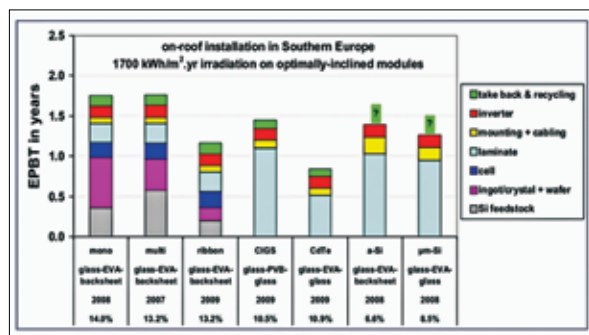
از نقطه نظر پارامترهای دیگر محیطی نیز می‌توان به میزان بارش‌های فصلی اشاره کرد، با وجود اینکه هوای ابری می‌تواند راندمان سلول خورشیدی را به میزان ۷۰٪ کاهش دهد، اما این بارندگی‌ها می‌تواند در تمیز کردن سطح پانل خورشیدی از آلودگی و گرد و غبار کمک کند.

۵- بازگشت سرمایه

مدت زمان بازگشت سرمایه^{۱۸} در سیستم‌های فتوولتائیک به این معناست که یک سیستم فتوولتائیک چه مدت کار کند تا بتواند معادل انرژی استفاده شده برای تولید خود را تولید کند. سوال اساسی که در مورد این فن‌آوری مطرح می‌شود اینست که آیا اصولاً این روش تولید انرژی مقرون به صرفه می‌باشد یا نه؟

۵-۱- مدت زمان بازگشت سرمایه انواع سلول‌های خورشیدی

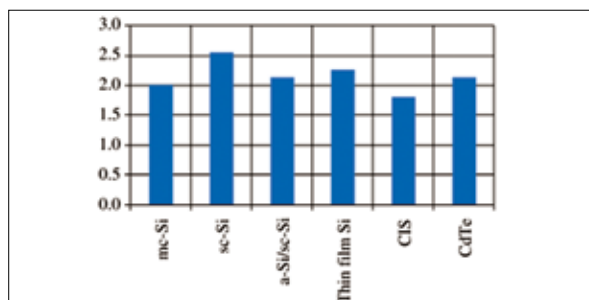
مدت زمان بازگشت سرمایه و نقش هر یک از این عوامل ذکر شده در شکل (۱۶) برای انواع سلول‌های خورشیدی نشان داده شده است.



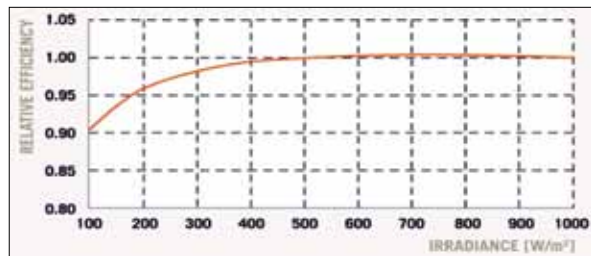
شکل ۱۶- مدت زمان بازگشت سرمایه به همراه نقش هر عامل برای انواع سلول‌های خورشیدی [۱۶]

همانگونه که در این شکل مشاهده می‌شود این اندازه‌گیری برای میزان تابش 1700 kWh/m^2 انجام شده است.

با توجه اینکه در اکثر نقاط ایران میزان تابش بیشتر از این مقدار بوده ($1800-2200 \text{ kWh/m}^2$) می‌توان نتیجه گرفت که بازگشت سرمایه برای کشورمان ایران از مقادیر نشان داده شده در این نمودار نیز کمتر خواهد بود. با نگاه کلی به این نمودار می‌بینیم که در سال ۲۰۰۹ با پیشرفت فن‌آوری، مدت زمان بازگشت سرمایه تمام انواع سلول‌های خورشیدی زیر دوسال بوده و برای بعضی از مدل‌های لایه نازک این زمان زیر یکسال می‌باشد. در بررسی صورت گرفته برای سیستم‌های فتوولتائیک خیلی بزرگ که در مرجع [۱۷] انجام شده است این بازگشت سرمایه به صورت نمودار شکل (۱۷) برای انواع سلول‌های خورشید بدست آمده است.



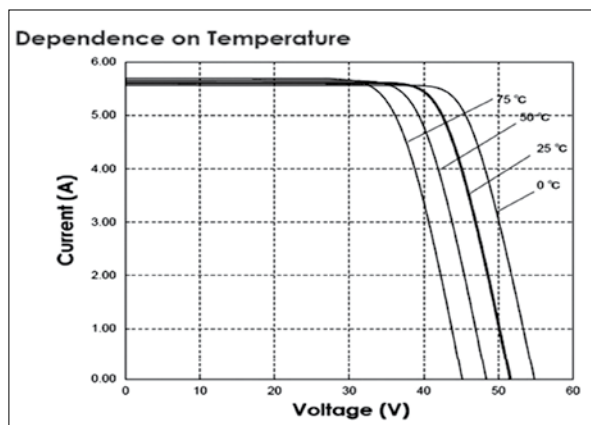
شکل ۱۷- مدت زمان بازگشت سرمایه برای سیستم‌های فتوولتائیک خیلی بزرگ [۱۷]



شکل ۱۴- تغییرات راندمان در تابش‌های کم [۱۳]

۴-۲- اثر دما در راندمان سلول خورشیدی

با توجه به افزایش تعداد زوج الکترون-حفره‌های ذاتی در دماهای بالاتر، این امر موجب کاهش راندمان سلول خورشیدی می‌شود. همانگونه که در شکل (۱۵) نشان داده شده است، ماکزیمم جریان اتصال کوتاه به افزایش دما تغییر چندانی نمی‌کند، اما ماکزیمم ولتاژ مدار باز کاهش می‌یابد. بنابراین با افزایش دما پارامتر $FF^{۱۷}$ و در نهایت راندمان سلول کاهش می‌یابد.



شکل ۱۵- نمودار جریان یک سلول خورشیدی بر حسب دما [۱۴]

۴-۳- بررسی شرایط اقلیمی چند شهر از کشور [۱۵]

۴-۳-۱- میزان متوسط سالیانه

در این بخش متوسط سالیانه پارامترهای تعداد ساعات آفتابی، حداکثر دما، حداقل دما و تعداد روزهای صاف شهرهای مشهد، کاشمر، یزد و بیرجند طبق آمار ارائه شده توسط سازمان هواشناسی جمهوری اسلامی ایران برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ به صورت جدول (۱) ارائه شده‌اند.

با مقایسه دو شهر مشهد و یزد طبق جداول و نمودارها، از نظر میزان تابش شهر یزد وضعیت بهتری نسبت به شهر مشهد دارد. با توجه به کاهش راندمان با افزایش دما و بالاتر بودن دمای سطح پانل نسبت به محیط به دلیل در معرض مستقیم نور خورشید بودن طبق جدول (۱) شهر مشهد وضعیت بهتری از نظر کاهش راندمان در دمای بالا دارد.

جدول (۱)- جدول مقایسه شرایط اقلیمی چند شهر ایران

شهر	ساعات آفتابی	حداکثر دما	حداقل دما	تعداد روزهای صاف
مشهد	۲۹۷۸٫۴	۲۲٫۶	۹٫۲	۲۱۲٫۰
کاشمر	۳۳۸۸٫۹	۲۴٫۲	۱۲٫۴	۲۷۳٫۰
یزد	۳۴۸۳٫۳	۲۷٫۴	۱۲٫۷	۲۶۳٫۰
بیرجند	۳۴۵۱٫۳	۲۴٫۸	۸٫۹	۲۷۲٫۰

۶- انتخاب ساختار مناسب به منظور تولید بومی

۶-۱- اهمیت موضوع

با بررسی‌های صورت گرفته در بخش‌های قبلی شامل: بررسی ساختار انواع مختلف، بررسی انواع فن‌آوری‌های ساخت، بررسی روش‌های ساخت، بررسی میزان هزینه ساخت و بازگشت سرمایه و بررسی شرایط اقلیمی موثر در راندمان حال نوبت به پیشنهاد بهترین نوع سلول خورشیدی، بهترین منطقه برای ساخت کارخانه و پیشنهاد مناسب‌ترین منطقه برای نصب این سیستم‌ها در کشورمان، می‌باشد. از آنجا که در بخش ۸ فواید اقتصادی موثر ناشی از راه‌اندازی این زنجیره تولید در کشور بررسی شد، این فن‌آوری می‌تواند در میزان رشد اقتصادی، میزان تولید ناخالص ملی، افزایش میزان اشتغال و بکارگیری نیروی‌های متخصص در کشورمان نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در سال‌های آتی داشته باشد. بنابراین انتخاب صحیح یک ساختار مناسب بدلیل نیاز به سرمایه‌گذاری زیاد در این بخش باید با بررسی کامل و با مشورت کارشناسان این فن انجام شود.

۶-۲- بررسی کلی سیستم‌های فتوولتائیک به روش SWOT

آنالیز سیستم‌های فتوولتائیک به روش SWOT در واقع بررسی مزایا، معایب، فرصت‌ها و تهدیدهای استفاده از این فن‌آوری می‌باشد. با مقایسه این پارامترهای توان به امکان‌سنجی بهتری برای تولید بومی سیستم‌های فتوولتائیک رسید.

۶-۲-۱- چگونگی ارزیابی کلی فن‌آوری‌های مختلف سیستم‌های فتوولتائیک (۱۸)

برای انتخاب یک فن‌آوری به منظور تولید بومی سیستم‌های فتوولتائیک، باید پارامترهای گوناگونی را مورد بررسی قرار داد. از این رو جهت مقایسه کلی به روش SWOT، فن‌آوری‌های لایه نازک، تک کریستال سیلیکانی و پلی کریستال سیلیکانی در جدول (۲) آورده شده است.

جدول (۲) - مقایسه کلی فن‌آوری‌های لایه نازک، تک کریستال سیلیکانی و پلی کریستال سیلیکانی (۱۸)

	Thin film solar cells	Monocrystalline solar cells	Polycrystalline/ Multi crystalline solar cells
Construction	Thin film made by depositing one or more thin layers (thin film) of photovoltaic material on a substrate.	Monocrystalline cells are cut from a chunk of silicon that has been grown from a single crystal.	A polycrystalline cell is cut from multifaceted silicon crystal.
Efficiency	Less efficient than polycrystalline and monocrystalline panels; Efficiency range - 10% to 12%	Efficient compared to both polycrystalline and thin film. Efficiency range - 15 to 19%	More efficient than thin film solar cell but less efficient than Monocrystalline solar cell. Efficiency range - 11-15%
Flexibility	Yes (using plastic glazing)	No	No
Weight	Light weight compared to monocrystalline and polycrystalline cells.	Heavier compared to thin film but less in weight compared to polycrystalline cells.	
Price	\$0.93 per watt (€0.69 per watt)	\$1.12 per watt (€0.83 per watt)	\$1.02 per watt (€0.75 per watt)
Area (Avg. output per 1000 m ²)	0.623 MW	0.98-1MW	0.91MW
Stability	Less stable	Very good stability	Good stability and better than thin films.
Performance	Performance is less compared to monocrystalline cells.	Better than polycrystalline cells and thin film solar cells.	Performance is less compared to monocrystalline cells
Temperature	Largely unaffected while operating under higher temperatures	Operate at decreased efficiencies in higher temperatures	Operate at wide range of temperatures.

۶-۳- انواع فن‌آوری‌های ساخت بر پایه سیلیکان

۶-۳-۱- فن‌آوری تولید پلی سیلیکان

از آنجا که صنعت ساخت پلی سیلیکان برای کاهش قیمت‌ها در فاز توسعه ظرفیت می‌باشد، این موضوع ورود تولید کنندگان جدید را به این بخش دشوار کرده و نیاز به سرمایه‌گذاری زیادی در این بخش می‌باشد. بنابراین برای کسانی که می‌خواهند در این عرصه ورود کنند باید به موارد زیر توجه نمایند:

- ظرفیت تولید باید اینقدر بزرگ باشد که از لحاظ قیمتی قابل رقابت با بازار جهانی باشد.
- داشتن انرژی ارزان و بدون وقفه الکتریسته برای تولید ضروری است چون ۲۶% قیمت تمام شده مربوط قیمت الکتریسته می‌باشد.
- در زنجیره تولید c-Si، کاهش CAPEX (هزینه تجهیزات) برای پلی سیلیکان دارای بالاترین مقدار می‌باشد. از این رو دسترسی به سرمایه‌های کم هزینه (از قبیل وام‌های و کمک‌های دولتی با سود کم) ضروری می‌باشد.

۶-۳-۲- فن‌آوری تولید شمش و ویفر

با بهبودهای صورت گرفته در فرآیندهای ساخت، میزان مواد مصرفی و استفاده از انرژی الکتریسته کاهش یافته است بنابراین انتظار می‌رود که قیمت تولید ویفر نیز کاهش یابد. از این رو قیمت تمام شده سلول خورشیدی نیز کاهش می‌یابد.

بنابراین شرکت‌های خصوصی و تولیدکنندگان باید به موارد زیر در مورد تولید ویفر و شمش دقت نمایند:

- تولید ویفر و شمش به تنهایی موضوعی چالش برانگیز می‌باشد. از این رو این دسته از تولید کنندگان باید در اهداف بلند مدت خود تولید پلی سیلیکان و تولید سلول را در نظر داشته باشند که با مجتمع سازی بتوانند هزینه‌ها را کاهش دهند.
- مقیاس کارخانه و حجم تولید در این زمینه کاملاً در کاهش قیمت و توانایی رقابت با دیگر تولیدکنندگان تاثیرگذار می‌باشد.
- دسترسی به انرژی ارزان و پایدار در این بخش نیز ضروری می‌باشد. از آنجا که تولیدکنندگان موجود در این زمینه پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در این فن‌آوری داشته‌اند و با توجه به نیاز به سرمایه‌گذاری کلان در این بخش، در حال حاضر این فن‌آوری پیشنهاد نمی‌گردد.

۶-۳-۳- فن‌آوری تولید سلول

در سال ۲۰۱۰ رکورد تولید سلول‌های فتوولتائیک به حدود 30GW رسیده است. این در حالیست که میزان نصب سیستم‌های فتوولتائیک در جهان کمتر از 20GW بوده است. این شکاف خیلی بزرگ میان عرضه و تقاضا در سال‌های آینده نیز ادامه خواهد داشت و این امر باعث کاهش قیمت سلول و ماژول خواهد شد. بنابراین برای سرمایه‌گذاری در این بخش توجه به نکات زیر ضروری می‌باشد:

- سلول‌های خورشید در حال تبدیل شدن به کالای مصرفی می‌باشند که بهترین روش تمایز محصولات بهتر توجه به راندمان بیشتر می‌باشد. بنابراین در این بخش باید به سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه و بهبود فرآیندها و استفاده صحیح از مواد توجه ویژه شود.
- برای رقابت با دیگر تولیدکنندگان در این بخش باید به مجتمع‌سازی تولید سلول خورشیدی به منظور کاهش هزینه‌ها توجه ویژه گردد که این امر نیاز به استفاده از وسایل پیشرفته و سرمایه‌گذاری زیادی دارد.

۴-۳-۶- فن آوری ساخت ماژول

ساخت ماژول از نظر هزینه و راندمان کاملاً وابسته به فعالیت‌ها و اتفاقات صورت گرفته در بخش‌های دیگر (تولید پلی سیلیکان، شمش و ویفر، و سلول) است. همچنانکه قبلاً نیز ذکر گردید هزینه ساخت ماژول به شدت رو کاهش می‌باشد. بنابراین برای توسعه و سرمایه‌گذاری در این فن آوری باید به موارد زیر توجه نمود:

ساخت ماژول در واقع یک فرآیند اسمبل کردن می‌باشد و کمترین سرمایه را برای تجهیزات نیاز دارد. این بدین معناست که وارد شدن به این بخش خیلی ساده و آسان بوده و موانع کمتری بر سر راه تولیدکنندگان وجود خواهد داشت.

- حداقل اندازه کارخانه تولید ماژول می‌تواند در حدود 10MW یا حتی کمتر باشد. هر چند باید در نظر داشت که هر چه ظرفیت تولید بالاتر باشد قیمت تمام شده محصول کمتر خواهد شد.
- سرمایه کاری نسبتاً زیادی برای خرید مواد اولیه و سلول در این بخش لازم است.
- شرکت‌های سازنده ماژول برای متمایز ساختن محصولات خود در بازار رقابتی، تلاش می‌کنند که یک نام تجاری برای محصولات خود داشته باشند.

- به منظور داشتن قابلیت رقابت با دیگر شرکت‌ها، سازندگان باید در اهداف بلند مدت خود تولید سلول را نیز در نظر داشته باشند.

۴-۳-۵- مقایسه انواع فن آوری‌های ساخت بر پایه سیلیکان

در جدول (۳) مقایسه کلی بین انواع فن آوری‌های ساخت سلول‌های خورشیدی از ماده سیلیکان انجام شده است.

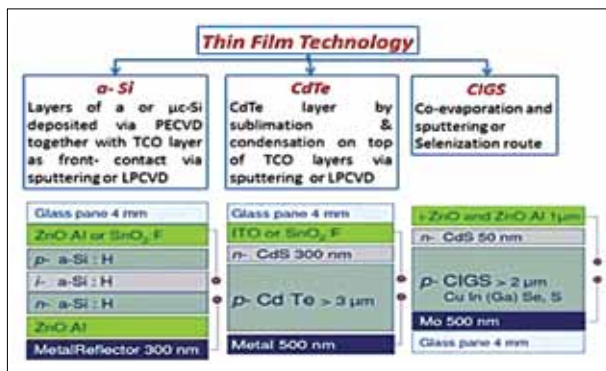
با توجه به کمبود پلی سیلیکان در سال ۲۰۰۸ و بالا رفتن قیمت آن در حدود 400\$/kg قیمت ماژول نیز تا حدود 4\$/Wp افزایش یافت. در این زمان اکثر شرکت‌ها، تحقیقات خود را معطوف به فن آوری لایه نازک نمودند که هم مواد کمتری مصرف می‌کرد و هم هزینه تولید کمتری داشت. اما از سال ۲۰۰۹ به بعد که قیمت تولید سیلیکان کاهش یافت تولیدکنندگان این بخش را برای افزایش راندمان قابل رقابت با سیلیکان به چالش کشانده است.

جدول (۳)- مقایسه انواع فن آوری‌های ساخت بر پایه سیلیکان [۱۸]

	Poly Silicon	Ingot & Wafer	Cells	Module
Margins	~ 50%	~20%	>10% (June 2011)	~7-10%
Investments	US \$ 0.75 million/MW	US \$ 0.5 to 0.75 million /MW	~ US \$ 1 million/MW	~US \$ 100k/MW
Optimum Scale of Investment	700 – 1000MW	80 – 100 MW	30 – 50 MW	10 – 20 MW
	(\$ 560 - \$ 800 million)	(\$ 45 - \$ 60 million)	(\$30 - \$ 50 million)	(\$ 1 - \$ 2 million)
Project timeline	2.5-3 years	1-2 years	~ 1 year	4-6 months
Cost Drivers	Electricity, CAPEX	CAPEX, Raw materials & Consumables	Raw materials, R&D	Raw materials
Utilization requirement	High – continuous run rate	High – continuous run rate	Medium – continuous run rate	Low – Run rate variable to demand
Market participation	8 players ~ 80% market share	8 players ~ 70% market share	10 companies ~ 40% of market share.	Fragmented
Vertical Integration	Pure play companies predominant; 2 of the top 10 companies are vertically integrated	5 of the top 10 companies are vertically integrated	2 of the top 10 companies are vertically integrated	Most players are integrated forward and/or backward.

۴-۴-۶- فن آوری‌های ساخت سیستم‌های فتوولتائیک لایه نازک

در شکل (۱۸) سه فن آوری رایج و تجاری موجود در بازار تولید سلول‌های خورشیدی لایه نازک با یکدیگر مقایسه شده‌اند که در بخش‌های بعدی هر یک از آنها بررسی خواهند شد.



شکل (۱۸)- انواع مختلف سلول‌های خورشیدی لایه نازک تجاری شده [۱۸]

۴-۴-۱- فن آوری ساخت a-Si

در حال حاضر از نظر تجاری و میزان تولید، فن آوری ساخت a-Si نسبت به دو فن آوری دیگر لایه نازک پیشرفت بهتری داشته و این تنها به دلیل ظهور زودتر این فن آوری در بازار می‌باشد. بنابراین برای سرمایه‌گذاری در این بخش باید به موارد زیر توجه نمود:

- با توجه به محدودیت‌های موجود در راندمان، برای رقابت با دیگر فن آوری‌ها باید هدف اصلی کاهش قیمت تولید باشد.
- در مقایسه با دیگر فن آوری‌های لایه نازک مواد اولیه (Si) آن نه سمی و نه از عناصر کمیاب می‌باشد و به راحتی در دسترس می‌باشند.

۴-۴-۲- فن آوری ساخت CdTe

فن آوری ساخت CdTe بدلیل راندمان خوب و ارزان‌ترین فن آوری لایه نازک، در سال‌های اخیر رشد زیادی داشته است. تنها سوال اساسی در مورد سمی بودن ماده کادمیوم می‌باشد که می‌تواند باعث بروز مشکلاتی گردد. از این‌رو برای سرمایه‌گذاری در این بخش باید به موارد زیر توجه نمود:

- دسترسی به این فن آوری ساخت می‌تواند منجر به تولید سلول خورشیدی با هزینه کم شود.
- میزان تولید برای ثبات تولید و رقابت باید به اندازه کافی بزرگ باشد.
- باید به مشکلات ناشی از سمی بودن کادمیوم نیز غلبه کرد.

۴-۴-۳- فن آوری ساخت CIGS

با توجه به پتانسیل CIGS برای راندمان بیشتر، در صورت کاهش هزینه تولید، این فن آوری می‌تواند سهم بیشتری از بازار سلول‌های خورشیدی را به خود اختصاص دهد. شرکت‌هایی که خواهان سرمایه‌گذاری در این بخش هستند باید به نکات زیر توجه نمایند:

- از آنجا که فن آوری در حال رشد، توسعه و استاندارد شدن می‌باشد، ورود به این عرصه هم می‌تواند باعث چالش‌هایی شود و هم می‌تواند فرصت‌های زیادی را فراهم نماید.
- فن آوری CIGS برای اینکه بتواند با بقیه توانایی رقابت را داشته باشد، باید راه حلی را پیدا کند.
- فرصت موجود اینست که افزایش راندمان برای این فن آوری تا حدود نسبتاً زیادی به فن آوری‌های دیگر وابسته می‌باشد.

۴-۴-۶- مقایسه کلی انواع سلول‌های خورشیدی لایه نازک

در این بخش برای انتخاب بهتر فن آوری مناسب مقایسه کلی بین انواع مختلف سلول‌های خورشیدی لایه نازک انجام شده است (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه انواع مختلف سلول‌های خورشیدی لایه نازک با یکدیگر [۱۸]

	<i>a-Si</i>	<i>CdTe</i>	<i>CIGS</i>
Margins	8 %	32%	31%
Capital Investments*	\$ 3 Million / MW	\$ 1.5 Million / MW	\$ 2 Million / MW
Project timeline	2.5 – 3 yrs	1.5 – 2 years	~ 2 Years
Cost Drivers	Raw materials and consumables, CAPEX depreciation	Raw materials and consumables, CAPEX depreciation	Raw materials and consumables, CAPEX depreciation
Utilization requirement	Variable to demand	Variable to demand	Variable to demand

۷- نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های انجام شده در این بخش و بخش‌های قبلی و وضعیت اقتصادی کشور در حال حاضر و تحریم‌های اعمال شده از طرف جامعه جهانی خرید تجهیزات و راه‌اندازی ساخت سلول‌های خورشیدی تک کریستال سیلیکونی، به نحوی که تولید آن قابل رقابت با محصولات دیگر شرکت‌ها باشد، توجیه اقتصادی ندارد. اما با تولید مازول به صورت گسترده و کیفیت بالا می‌توان به این عرصه ورود داشت و در سال‌های بعد بخش‌های دیگر تولید را نیز توسعه داد. در مورد سلول‌های خورشیدی لایه نازک بدلیل فن آوری ارزانتر و ساده‌تر و بازگشت سرمایه زودتر، و همچنین به علت اینکه این

جدول (۵)- اطلاعات و شرایط خلاصه شده خط تولید پانل‌های خورشیدی ارائه شده توسط دوشرکت

توضیحات	شرکت ۱	شرکت ۲
ظرفیت خط	۱۲۰۰ سلول بر ساعت	۱۰۰۰ سلول بر ساعت
تعداد پرسنل	۱۳ نفر در هر شیفت	۱۴ نفر در هر شیفت
فضای مورد نیاز	۱۰ هکتار	۱۷۰۰ متر مربع
مساخ پتل انتطاف پذیر	خیر (اما احتمالاً با تغییراتی در مواد قابل حصول است)	بله
اندازه پتل	تا ۲ متر در امتار	تا ۲ متر در امتار
برقی مصرفی	۲۴۴ کیلووات سه فاز	۳۶۰ آمپر یا ۲۲۰ وات سه فاز
شرایط محیط کار	۱۵ تا ۳۵ درجه سانتی گراد با رطوبت زیر ۷۵٪، اتانی تمیز کلاس ۷	۱۵ تا ۳۵ درجه سانتی گراد با رطوبت زیر ۷۵٪، اتانی تمیز کلاس ۷
زمان مورد نیاز نصب	۴ هفته	۴ تا ۳ هفته
زمان تحویل ماشین آلات	۳ ماه	۶ تا ۸ ماه
معماری تهیه کنندگان مواد اولیه	بله	بله
اینترنت موثر، رنگ کل خط	بله	بله
تولید مواد مغیر برای طبیعت	خیر	خیر
ارائه مدارک ماشین آلات	بله	بله
تأمین قطعات پدگی	بله	بله
آموزش کادر فنی	بله	بله
قیمت نهایی	۱۶۴۰۰۰۰ (پروژه)، ۱۰۰۰۰۰ (تعمیرات بر روات)	۲۹۵۰۰۰۰ (احتمالاً ۲۵۰۰۰۰ پروژو معادل ۸ سنت بر روات)
تولید هزینه گواهی	خیر (در صورت پرداخت ۱۵۰۰۰ پروژو قابل انجام است)	بله
گارانتی ماشین آلات	۱ سال	۲ سال

فن آوری‌ها هنوز به بلوغ کامل نرسیده‌اند، می‌توان با انتخاب استراتژی صحیح و انجام تحقیقات مستمر در این بخش پیشرفت‌های قابل رقابتی با دیگر کشورها داشت.

بنابراین تولید این گونه سلول‌های خورشیدی برای داخل کشور از نظر اقتصادی و توسعه صنعت ساخت سلول‌های خورشیدی مناسب تر می‌باشد. انتخاب هر یک از فن آوری‌های بسته به شرایط شرکت سرمایه‌گذار و میزان سرمایه‌گذاری می‌تواند مناسب باشد.

در جدول (۵) اطلاعات و شرایط خلاصه شده دو شرکت اروپایی برای خط تولید پانل‌های خورشیدی نیز ارائه گردیده است که می‌تواند برای مدیران، سرمایه‌گذاران و متخصصین مفید واقع گردد. نتایج این طرح در مطالعات راه‌اندازی خط تولید پانل‌های خورشیدی به ظرفیت 30MW شرکت نور ساخت اترک (شهر بجنورد) استفاده گردیده است.

مراجع

- [1] C. R. Becquerel AE, Academie d. Sciences 9, 1839.
- [2] G. V. U. Hoffmann, Photovoltaic Solar Energy Generation. New York: Springer 2004.
- [3] Sun Radiation Potential. Available: <http://www.cleaner-energy.com.au/ce/solar-info/energy-from-the-sun>
- [4] M. Kanani. (1386). Office of Iran solar. Available: <http://sabainfo.ir/newsdetail-4118-fa.html>
- [5] J. S. MoiniShahram, M. D. Marshadi, "Feasibility Study of Solar Energy in Iran and Preparing Radiation Atlas," Recent Advances in Environment, Energy Systems and Naval Science.
- [6] Basic of Solar Cell Available: <http://www.solarcell.net.ir/>
- [7] J. S. Johan F. Nijs, JozefPoortmans, S. Sivoththaman, Robert P. Mertens, "Advanced Manufacturing Concepts for Crystalline Silicon Solar Cells," IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, vol. 46, 1999.
- [8] J. P. a. V. Arkhipov, Thin Film SolarCells Fabrication, Characterization and Applications: John Wiley & Sons, 2006.
- [9] F. C. Krebs, "Fabrication and processing of polymer solar cells: A review of printing and coating techniques," Solar Energy Materials & Solar Cells, vol. 93, pp. 394-412, 2009.
- [10] P. Perry. Solar Panel Costs. Available: <http://www.trustyguides.com/solar-panels2.html>
- [11] Photovoltaics follow Moore's Law. Available: <http://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/2011/03/16/smaller-cheaper-faster-does-moores-law-apply-to-solar-cells/>
- [12] N. D. Galen Barbose, Ryan Wiser, and Joachim Seel. (2010) Tracking the Sun IV: An Historical Summary of the Installed Cost of Photovoltaics in the United States from 1998 to 2010.
- [13] Q. Peak 245-265. Available: http://www.q-cells.com/uploads/tx_abdownloads/files/Q-Cells_QPEAK_Data_Sheet_EN_2011-08_Rev04_WEB.pdf
- [14] Temperature-Dependen. Available: <http://blimpyb.com/diy-solar/best-solar-panels/919/>
- [15] Iran Meteorological Org. Available: <http://www.irimo.ir/farsi/amar/map/index.asp>
- [16] Energy Payback Time. Available: [www.ecn.nl\(2009\)](http://www.ecn.nl(2009))
- [17] K. K. Masakazu Ito, KosukeKurokawa, "Life-cycle analyses of very-large scale PV systems using six types of PV modules," Current Applied Physics, vol. 10, pp. 271-273, 2010.
- [18] Clixoo, "Solar PV Manufacturing," ed, 2011.

پی نوشت‌ها

1. Regular Bulk Material
2. Czochralski
3. Casting
4. True Directional Solidification (DS)
5. Electromagnetic Casting (EMC)
6. Ribbon
7. Screen –Printing Technology
8. Firing-through Plasma Enhancement Chemical Vapor Deposition
9. Printing and Coating Methods
10. Spin Coating
11. Photoresist
12. Doctor Blading
13. Screen Printing
14. Squeegee
15. Ink Jet Printing
16. Pad Printing
17. Fill Factor
18. Energy Payback Time (EPBT)
19. Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats



بررسی روش‌های برقراری ارتباط بدون سیم در شبکه‌های نسل آینده

کلید واژه: مخابرات نوری فضای آزاد؛ مخابرات رادیویی سلولار؛ شبکه‌های نسل جدید؛ توربولانس؛ فرستنده/گیرنده‌های چندگانه.

۱- مقدمه

شبکه‌های نسل آینده (NGN) یک راه حل یکپارچه مبتنی بر فن‌آوری بسته‌ای را ارائه می‌دهند. در این شبکه‌ها سرویس‌های صوت، دیتا و تصویر همگرا شده و مشترک می‌تواند هر سرویس را در هر زمان، هر مکان و از طریق هر سیستم دسترسی دریافت کند. این شبکه‌ها باید قابلیت تحرک پذیری بالا را داشته باشند.

راه حل دستیابی به پهنای باند بالا همراه با تحرک پذیری، استفاده از تکنیک‌های مختلف ارتباطی بی‌سیم است. در سال‌های اخیر بررسی مشکلات شبکه‌های بی‌سیم و ارائه راهکار مقابله با آن مورد توجه محققان قرار گرفته است. شبکه‌های بی‌سیم به دو دسته بکارگیری رادیویی و نوری تقسیم‌بندی می‌شوند. هر کدام از این دو فناوری مزایا و معایب خاص خود را دارد. سیستم مخابرات نوری فضای آزاد از مزایای توان مصرفی پایین، امنیت بهتر در برابر شنود و تهدیدات جنگ الکترونیک و عدم نیاز به مجوز فرکانس، بهره‌مند است. در کنار این ویژگی‌ها عاملی که سبب کاهش کارایی آنها می‌گردد، تأثیرپذیری نور از شرایط اتمسفری است. تغییرات دائمی دما و فشار توده‌های جوی منجر به ایجاد پدیده‌هایی همچون توربولانس و محوشدگی شده و سبب بروز نوسانات تصادفی در دامنه و فاز سیگنال دریافتی می‌گردد که نهایتاً تضعیف عملکرد سیستم را بدنبال خواهد داشت [۱-۴].

برای مقابله با این محوشدگی روش‌های مختلفی ارائه شده که در قسمت‌های بعدی مورد بررسی قرار می‌گیرد. شبکه رادیویی نظیر Wi-Fi، بلوتوث، وایمکس و LTE [۵-۷] و شبکه‌های برد بلند پرنظرفیت، راه حل انتقال سیگنال بصورت رادیویی هستند. این شبکه‌ها اولاً نمی‌توانند همانند شبکه‌های نوری پهنای باند خیلی بالا را منتقل نمایند و ثانیاً همانند سیستم‌های نوری متأثر از پدیده‌های جوی هستند و لیکن رفتار شبکه‌های رادیویی و نوری در مواجهه با پدیده‌های جوی متفاوت است. بنابراین میتوان با بکارگیری سیستم ترکیبی [۸] از امتیازات هر دو سیستم استفاده کرد. در این مقاله با توجه به نقاط قوت و ضعف هر کدام از دو سیستم نوری و رادیویی، پیشنهادهایی برای بکارگیری از آنها در شبکه‌های نسل آینده ارائه خواهد شد.

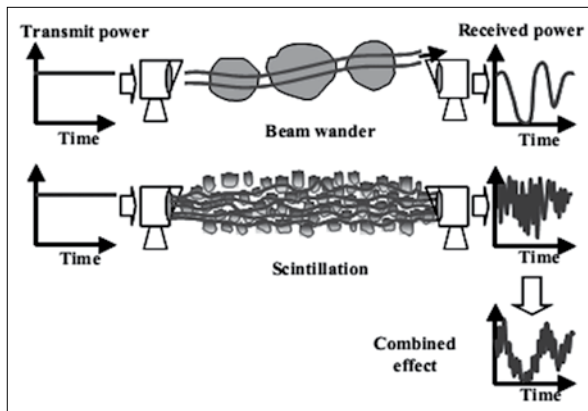
حمیدرضا خدادادی / دانشگاه جامع امام حسین (ع) دانشجوی دکتری
مخابرات / hrkhodadadi@yahoo.com
محمد حسین قزل ایاغ / استادیار دانشگاه جامع امام حسین (ع)
ghezel@gmail.com
ابوالفضل چمن مطلق / استادیار دانشگاه جامع امام حسین (ع)
achamanmotlagh@gmail.com

هدف از شبکه‌های نسل آینده (NGN)، همگرا کردن کلیه بسترهای ارتباطی موجود بر روی بستری مبنی بر فناوری IP و دسترسی نامحدود به شبکه و ارائه خدمات یکپارچه به کاربران با کیفیت قابل قبول (QoS) است.

برای انجام این هدف به یک بستر ارتباطی و یا شبکه زیر ساخت نیاز است که بتواند پهنای باند مورد نیاز را با بهترین کیفیت ارائه نماید. این شبکه زیر ساخت با توجه به ماهیت، مشتمل بر دو قسمت باسیم و بی‌سیم است.

در مورد بستر باسیم بهترین گزینه فیبرنوری است اما در مورد بستر بی‌سیم با توجه به محدودیت‌های کاربردی مخاطراتی وجود دارد. در یک نگاه کلان می‌توان این بستر بی‌سیم را به دو قسمت بکارگیری فناوری رادیویی و نوری تقسیم بندی کرد. هر کدام از این دو فناوری محدودیت‌ها و امتیازاتی مختص به خود دارد که باید مورد بررسی قرار گیرد.

در این مقاله سیستم‌های مخابرات نوری فضای آزاد، سیستم‌های رادیویی Wi-Fi، وایمکس، و LTE و شبکه‌های برد بلند پرنظرفیت مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به نقاط ضعف و قوت هر کدام پیشنهاد برای بکارگیری از آنها در شبکه‌های نسل آینده بیان خواهد شد.

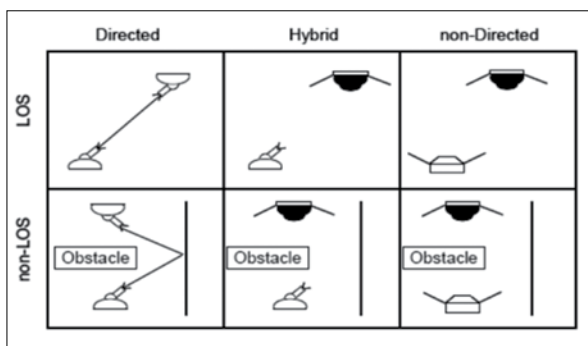


شکل (۱) - توده‌های هوایی در اتمسفر [۲]

و در بهترین شرایط (هوای تمیز) مقدار 10^{-17} و بدترین شرایط (مه غلیظ) 10^{-13} دارد.

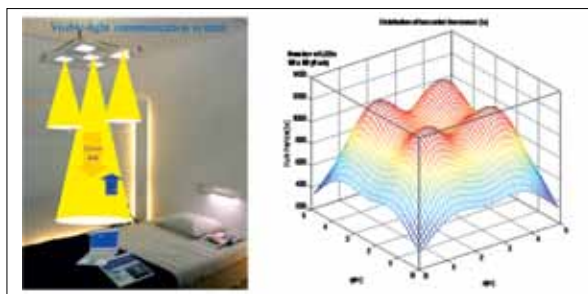
۲-۳- سیستم‌های مخابرات نوری فضای بسته

یکی دیگر از کاربردهای سیستم‌های مخابرات نوری مربوط به فضاهای بسته نظیر یک اتاق می‌باشد. در این سیستم از دیود نورانی LED استفاده می‌شود. در این دیود پرتو نور پخش شونده است و از اینرو نیاز نیست که ارتباط بصورت دید مستقیم باشد. شکل (۲) چند روش برای بکارگیری این شبکه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲- ساختارهای مختلف بکارگیری مخابرات نوری فضای بسته [۹]

شبکه‌های مبتنی بر دیود نوری علاوه بر پهنای باند زیاد از این امتیاز نیز برخوردارند که در محیط‌های بسته نظیر یک اتاق، نور از دیواره‌های آن خارج نمی‌شود. با توجه به اینکه محیط انتشار محدود است، این شبکه‌ها می‌توانند نسبت به شبکه‌های رادیویی امنیت بالاتری ایجاد نمایند. البته ضروری است که الگوی انتشار موج همانند شکل (۳) کل محیط مورد نظر را پوشش دهد.



شکل ۳- بکارگیری دیود نورانی در شبکه‌های مخابراتی [۱۰]

۲- سیستم‌های مخابراتی بی‌سیم

سیستم‌های مخابراتی بی‌سیم به دو دسته بکارگیری فناوری نوری و رادیویی تقسیم‌بندی می‌شوند. این سیستم‌ها از نقاط قوت و ضعف برخوردارند که در این قسمت مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱- سیستم‌های مخابرات لیزری فضای آزاد

FSO سیستم مخابرات نوری فضای آزاد^۲ است که از منبع دیود لیزر نیمه‌هادی استفاده می‌کند. این سیستم ارتباطی از محاسن و قابلیت‌های ویژه‌ای برخوردار است که برخی از مهمترین آنها عبارتند از:

- مقاوم در برابر تکنیک‌های جنگ الکترونیک
- داشتن بیم بسیار نازک و جهت‌دار
- عدم حضور لوب‌های فرعی
- پهنای باند انتقال بسیار وسیع
- عدم نیاز به مجوز و تخصیص فرکانس
- عدم وجود تداخل فرکانسی

FSO همانند هر سیستم ارتباطی دیگر در کنار مزیت‌ها، معایب و محدودیت‌هایی نیز دارد. البته این محدودیت‌ها در تمامی سیستم‌های ارتباط بی‌سیم وجود دارد ولی میزان تاثیرپذیری ارتباطات از آنها یکسان نیست. شرایط جوی، موانع فیزیکی، لرزش و ایمنی لیزر در مقابل چشم مسائل هستند که در عملکرد سیستم FSO محدودیت ایجاد می‌کنند.

۲-۲- کانال انتقال سیستم‌های مخابرات لیزری

اتمسفر به‌عنوان یک محیط برای انتشار و انتقال نور خروجی سیستم مخابرات نوری در نظر گرفته می‌شود. تضعیف اتمسفری غالباً بر اثر مه می‌باشد ولی به ابرهای کم، باران، برف، گرد و غبار و یا ترکیبی از هر کدام هم نیز بستگی دارد. بطور کلی تضعیف در اتمسفر می‌تواند ناشی از عواملی همچون تلفات پراکندگی، تلفات جذب، اثر توربولانس و پاشیدگی باشد.

این تلفات تابع شرایط محیطی است و می‌تواند موجب قطع شدن لینک ارتباطی گردد. در سیستم مخابرات لیزری بخاطر اثر چند مسیری ناشی از توربولانس، نور بصورت کاملاً مستقیم منتشر نشده و دچار انحراف می‌گردد.

مطابق شکل (۱) ذرات بزرگ مثل قطرات آب موجود در مه، مسیر نور را منحرف نموده و ذرات کوچک مثل گردوغبار بصورت تصادفی مسیر نور را تغییر می‌دهند. جمع این دو پدیده موجب آن خواهد شد که در سمت گیرنده، نور دریافتی دچار لرزش گردد که اصطلاحاً به آن پدیده سوسو زدن گویند. این اثر موجب محوشدگی سیگنال در لحظاتی از زمان در گیرنده شده و در نهایت خطای سیستم را افزایش می‌دهد و رفتاری مشابه با پدیده چند مسیری کانال‌های مخابرات رادیویی بدون سیم (حالت فیدینگ عمیق) دارد.

میزان تغییرات شعاع پرتو لیزر در اثر پدیده توربولانس بر اساس رابطه ریتون به‌صورت ذیل بدست می‌آید [۱].

$$\sigma_R^2 = 1.23 C_n^2 \lambda^{-7/6} L^{11/6} \quad (1)$$

در این رابطه σ_R^2 واریانس پراکندگی نور در گیرنده، L فاصله بین فرستنده و گیرنده، λ طول موج پرتو و C_n^2 پارامتر ساختاری ضریب شکست جو است. C_n^2 پارامتر مهمی در رابطه با توربولانس است و تابع عواملی نظیر ارتفاع از سطح زمین و شرایط آب و هوایی است

۴-۲- روش‌های غلبه بر شرایط محیطی کانال‌های نوری

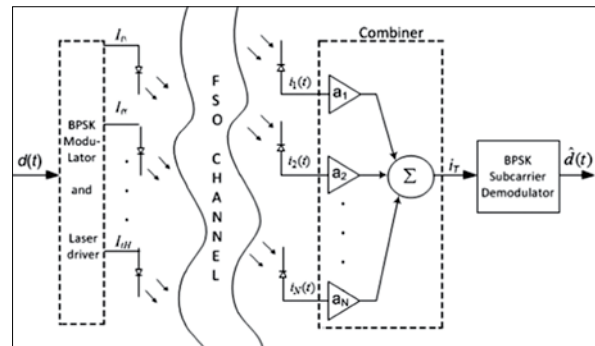
برای غلبه بر شرایط محیطی روش‌های مختلفی ارائه شده است که در ادامه تعدادی از آنها آورده شده است.

۴-۲-۱- تکنیک متوسط‌گیری سطح لنز

هنگامیکه پرتو نور مسیری نسبتاً طولانی را پیموده و یا بعبارتی از درون یک توربولانس قوی رد شود، پرتو نور در گیرنده تمایل به شکستن به دو قسمت را دارد: (۱) قسمت‌هایی با شدت درخشش کم و (۲) قسمت‌هایی که شدت زیاد دارد که این امر منجر به محو شدن سیگنال در برخی نقاط می‌گردد. این پدیده خصوصاً برای گیرنده‌های نقطه‌ای بیشتر اتفاق می‌افتد. حال اگر سایز لنز گیرنده را متناسب با این بخش‌های نوری (قسمت‌های ضعیف و قوی) زیاد کنیم، در حقیقت از این نوسانات و زیاد و کم شدن‌ها میانگین گرفته‌ایم [۱۰]. بدلیل محدودیت‌های کاربردی اندازه دهنه گیرنده از حدود ۳۰ سانتیمتر بیشتر نمی‌تواند باشد.

۴-۲-۲- تکنیک چند فرستنده و چند گیرنده (MIMO)

طبق قضیه شانون ظرفیت کانال مخابراتی به دلیل محدود بودن میزان سیگنال به نویز، از یک حدی بیشتر نمی‌تواند باشد. از طرف دیگر دلیل رشد روز افزون ارتباطات چند رسانه‌ای شامل صوت، تصویر، دیتا و اینترنت، تقاضا برای استفاده از سرویس‌های بانرخ ارسال و دریافت بالا افزایش یافته است. لذا سیستم‌های مخابرات نوری باید بتواند با وجود محدودیت‌های انتشار محیطی، نرخ دیتای بالایی را ارسال نماید.



شکل ۴-۲- روش فرستنده و گیرنده‌های چندگانه [۱۱]

یکی از راه حل‌های غلبه بر این مشکل استفاده از ترکیب MIMO می‌باشد. در این روش با بکارگیری چندین فرستنده و گیرنده همانند شکل (۴) می‌توان ظرفیت کانال مخابراتی را افزایش داد. مقایسه میزان بهبود ظرفیت کانال مخابراتی شبکه MIMO در مقایسه با روش فرستنده و گیرنده‌های معمولی در نمودار شکل (۵) آورده شده است.

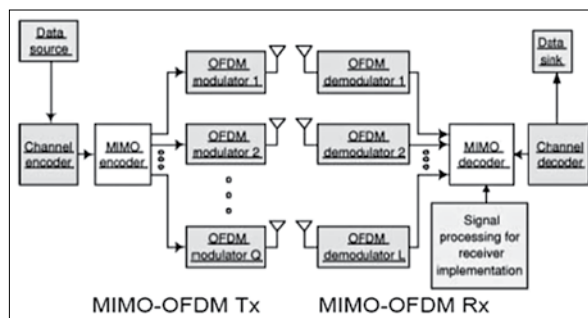
۴-۲-۳- روش استفاده از سیگنال‌های متعامد (OFDM)

به دلیل وجود پدیده‌های جوی پرتو نور ارسالی دچار انحراف تصادفی شده و نور از مسیرهای مختلف وارد گیرنده می‌شود به این پدیده انتشار چند مسیره گویند که در سیستم‌های رادیویی بسیار متداول است. در شبکه‌های نوری مبتنی بر LED نیز با توجه به اینکه نور به دیواره‌های محیط برخورد کرده و آنگاه به گیرنده می‌رسد، دچار پدیده چند مسیری می‌شود. با توجه به اینکه سیگنال از مسیرهای مختلف وارد گیرنده می‌شود فاز سیگنال دریافتی متفاوت است. این اختلاف فازها می‌تواند موجب جمع شدن انرژی و یا محو شدن آن گردد. هرچه پهنای باند سیگنال بالاتر باشد این پدیده اثرات مخرب‌تری خواهد داشت.

یکی از راه‌های غلبه بر این اثر، کاهش پهنای باند سیگنال ارسالی است. از آنجا که کاهش پهنای باند، مغایر با اهداف شبکه‌های NGN است، با استفاده از تکنیک OFDM که حالت خاصی از سیستم‌های چند حاملی است، پهنای باند بزرگ به پهنای باند‌های کوچکتر ولیکن با حامل‌های متعامد تبدیل شده و یا بعبارت دیگر اطلاعات با نرخ بیت بالا به چند دسته موازی با نرخ بیت‌های پایین‌تر تفکیک می‌شوند و هر کدام به وسیله زیر حامل‌های مختلف مدوله شده و ارسال می‌شوند. در واقع تکنیک OFDM با تقسیم سمبل‌های ارسالی بین چندین زیر حامل و ارسال همزمان آنها، در مقابله با اثرات نامطلوب انتشار چند مسیره بسیار مقاوم و کارا می‌باشد.

۴-۲-۴- روش فرستنده‌ها و گیرنده‌های چندگانه و OFDM

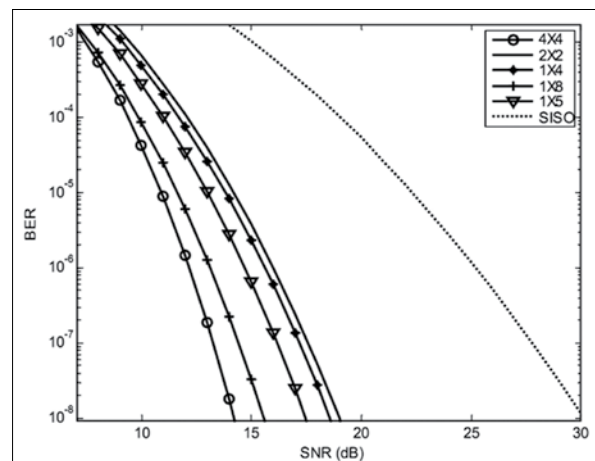
یکی از راه حل‌های غلبه بر مشکلات محیطی لینک مخابرات نوری استفاده از ترکیب MIMO-OFDM است. در این روش با بکارگیری چندین فرستنده و گیرنده همانند شکل (۶) می‌توان ظرفیت کانال مخابراتی و همچنین مقاومت در مقابل پدیده چند مسیری را افزایش داد.



شکل ۶- بلوک دیاگرام فرستنده و گیرنده [۱۲]

۴-۲-۵- فناوری رادیویی وایمکس

وایمکس (WiMAX) در سال ۲۰۰۰ با هدف دستیابی گسترده و جهانی به امواج مایکروویو ارائه شد و هدف آن راه‌اندازی شبکه‌های بی‌سیم شهری، بر مبنای استاندارد IEEE802.16 است. این فناوری در شرایط ایده آل با بردی برابر ۵۰ کیلومتر در ساعت، دسترسی معادل ۷۰ مگا بیت بر ثانیه، ایجاد می‌نماید.



شکل ۵- بهبود ظرفیت در روش فرستنده و گیرنده‌های چندگانه [۱۱]



شکل ۸- سیستم Hybrid RF/FSO [۸]

۳-۳- مقایسه بین شبکه‌های بی‌سیم در شبکه NGN

در NGN تجهیزات بی‌سیم در لایه دسترسی با عنوان شبکه دسترسی رادیویی (RAN) و ارتباط بین هسته‌ها استفاده می‌شود. در ادامه شبکه‌های بی‌سیم رادیویی و نوری که در شبکه‌های نسل آینده کاربرد دارد با هم مقایسه می‌شوند.

۳-۱- شبکه رادیویی و نوری برد کوتاه

در شبکه NGN دو حالت دسترسی فضای محدود و فضای باز مطرح است. در حالت دسترسی فضای محدود برد کوتاه مدنظر است. برای این منظور می‌توان از شبکه رادیویی Wi-Fi و یا شبکه‌های نوری مبتنی بر دیود LED استفاده کرد.

در جدول (۱) مقایسه‌ای بین این دو فناوری صورت گرفته است. در شبکه نوری سیگنال پس از برخورد به دیواره‌های اتاق منعکس نمی‌گردد لذا با مشکل چند مسیریگی مواجه نیستیم از اینرو پهنای باند ارسال بمراتب بالاتر از شبکه‌های رادیویی است. از طرف دیگر نور محیط بعنوان نویز سیستم‌های نوری تلقی می‌گردد و باید با استفاده از تمهیدات لازم نظیر فیلتر کردن این نویز حذف گردد. به دلیل پخش شدگی سیگنال در هر دو حالت تلفات انتشار هر دو محیط بالا است. برد انتشار در محیط نوری در حد چند متر و در شبکه رادیویی در رنج چند صد متر است. با توجه به اینکه ابعاد اکثر محیط‌های بسته نیز از چند ده متر بیشتر نمی‌شود، سیستم‌های نوری مبتنی بر دیود LED برای فضاهای بسته نظیر یک اتاق و یا سالن اجتماعات در مقایسه با سیستم رادیویی امنیت بالاتری ایجاد می‌نمایند.

جدول (۱)- مقایسه شبکه نوری فضای بسته و شبکه رادیویی Wi-Fi

پارامتر	شبکه نوری	شبکه رادیویی Wi-Fi
پهنای باند در سیستم‌های موجود	155Mbit/s	11Mbit/s
امکان عبور از دیوارها	ندارد	دارد
چندمسیریگی	ندارد	دارد
تلفات چندمسیریگی	ندارد	دارد
تلفات انتشار	بالا	بالا
عامل نویز محیطی	نور محیط	دیگر کاربران
محدوده پوشش	در حد یک اتاق	در حد چند ده متر
امنیت	بالا	ضعیف

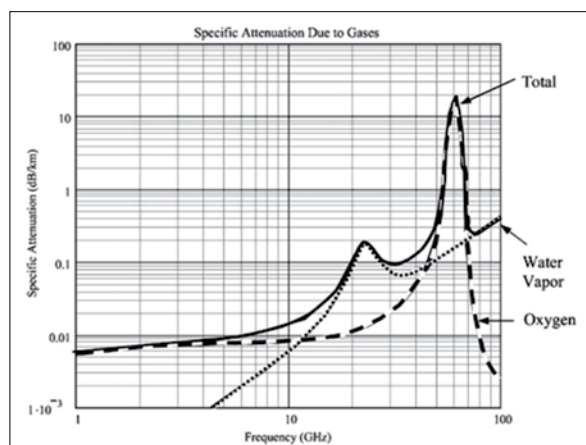
وایمکس تا سال ۲۰۰۵ از تکنولوژی CDMA^۵ استفاده می‌کرد ولی از سال ۲۰۰۵ به بعد به علت کیفیت برتر تکنیک OFDM از آن تکنیک برای مواجه با پدیده‌های ناشی از انتشار چند مسیر استفاده نمود.

۲-۶- شبکه مخابرات سیار^۶ LTE

LTE یکی از شبکه‌های پیشنهادی نسل چهارم مخابرات سیار است. نسل چهارم، از یک راه حل جامع بر مبنای IP برای انتقال صدا، تصویر و داده استفاده می‌کند و بر پایه اصل «هرجا و هر زمان» داده‌ها را با سرعتی بسیار بالاتر از نسل‌های قبل در اختیار کاربر قرار می‌دهد. مهمترین ویژگی برجسته LTE آن است که تمامی زیرساخت‌ها مبتنی بر IP است و به عبارت بهتر بخش هسته شبکه کاملاً همگام با پروتکل‌های TCP/IP است.

۲-۷- شبکه مایکروویو پرظرفیت

یکی دیگر از راه‌کارهای انتقال اطلاعات مابین گره‌های شبکه‌های نسل جدید تکنولوژی مایکروویو است. باندهای فرکانسی که در این سیستم استفاده می‌شوند ملزم به اخذ مجوز بوده و دارای تداخل‌هایی با یکدیگر هستند. این بدان معنی است که یک مجوز و یک برنامه ریزی فرکانسی لازم است تا بتوان تداخل را کاهش داد. در این سیستم رادیویی انتشار موج به شدت تابع شرایط محیطی است. در شکل (۷) میزان تضعیف ناشی از ذرات ریز بخار آب و اکسیژن موجود در هوا در فرکانس‌های مختلف نشان داده شده است.



شکل ۷- تضعیف ناشی از ذرات ریز بخار آب و اکسیژن موجود در هوا [۱۴]

همانطور که دیده می‌شود تا فرکانس‌های حدود ۵۰ گیگاهرتز تضعیف مقدار کمی دارد (1dB/km) و میزان آن قابل اغماض است. در محدوده فرکانسی بین ۶۰ تا ۸۰ گیگاهرتز یا طول موج‌های میلیمتری تضعیف به شدت افزایش می‌یابد.

۲-۸- شبکه ترکیبی رادیویی و نوری

باران یکی از عواملی است که میزان تضعیف شبکه‌های رادیویی را به شدت افزایش می‌دهد. از این رو برای داشتن یک ارتباط پایدار ترکیب لینک رادیویی و نوری پیشنهاد می‌شود. لینک نوری به شدت به ذرات بخار آب و مه حساس است. از طرف دیگر لینک رادیویی به بخار آب حساسیت کمتری دارد ولیکن باران به شدت تضعیف آن را زیاد می‌کند در شکل (۸) یک نمونه از سیستم Hybrid RF/FSO نشان داده شده است.

۳-۲- شبکه رادیویی LTE و WiMAX

در کاربردهایی که در شبکه NGN نیازمند تحرک در لایه دسترسی است، از شبکه‌های نوری نمی‌توان استفاده کرد. در این حالت بهترین گزینه استفاده از شبکه‌های رادیویی LTE و یا WiMAX است. به‌منظور بررسی عملکرد دو شبکه در جدول (۲) مقایسه‌ای بین دو شبکه LTE و شبکه WiMAX آورده شده است. همانطور که از این جدول دیده می‌شود هر دو شبکه با ایجاد پهنای باند گسترده و عملکرد نسبتاً مشابه مناسب برای شبکه‌های نسل آینده مخابرات سیار می‌باشند ولیکن جهت انتخاب بین این دو شبکه، پارامترهای دیگری نظیر ملاحظات سیاسی و اقتصادی نیز باید در نظر گرفته شود.

جدول (۲)- مقایسه شبکه LTE و WiMAX

پارامتر	WiMAX	LTE
روش داپلکسینگ	TDD	FDD and TDD
پهنای باند	5 and 10 MHz	1.25, 3, 5, 10, 15 & 20 MHz
روش مالتی پلکس لینک رو به پائین	OFDMA	OFDMA
روش مالتی پلکس لینک رو به بالا	OFDMA	SC-FDMA
مدولاسیون	QPSK, 16QAM, 64 QAM	QPSK, 16QAM, 64 QAM
روش کدینگ	Convolution or Turbo	Turbo
روش دایورسیتی	MIMO up to 2x2	MIMO up to 4x4

۳-۳- شبکه رادیویی پُر ظرفیت و نوری فضای آزاد

نقاط دسترسی در شبکه NGN در لایه مرکزی و بعنوان ارتباط دهنده هسته شبکه^(۷) (CN) معمولاً با تکنولوژی فیبر نوری و یا خطوط مسی پرسرعت بهم وصل می‌شوند. فیبر نوری دارای ظرفیت و قابلیت اطمینان بالا نسبت به دیگر تکنولوژی‌ها می‌باشد. همچنین دارای سرعت داده بالا، یعنی بیش از صدها گیگابیت در ثانیه است و برای ارتباط قاره‌ها، کشورها و شهرها استفاده می‌شود. بکارگیری این تکنولوژی در محدوده‌های جغرافیایی کوچک که امکان حفر کانال برای تعبیه فیبر وجود ندارد امکان پذیر نیست. از این رو بکارگیری سیستم‌های پُر ظرفیت نوری و رادیویی ثابت، راه حل بسیار مناسبی برای این مشکل می‌باشد. در جدول (۳) این دو فناوری از دیدگاه چند پارامتر مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

جدول (۳)- مقایسه شبکه نوری فضای آزاد و شبکه رادیویی پُر ظرفیت

پارامتر	FSO شبکه نوری	شبکه رادیویی پُر ظرفیت
ماکزیمم پهنای باند در سیستم‌های موجود	1Gbit/s	< 100Mbit/s
عامل نویز محیطی	نور محیط	اختلال دیگر کاربران
امنیت	بالا	ضعیف (نیاز به رمز کننده)
ایجاد کننده ماکزیمم تضعیف	مه	باران
میزان واگرایی پرتو	در حد میلی رادیان	در حد درجه
نصب و راه اندازی	نسبتاً مشکل	ساده
ماکزیمم برد در سیستم‌های عملیاتی (بدون تکرار کننده)	تابع شرایط جوی و حداکثر ۱۰ کیلومتر	سیستم LOS محدود به حداکثر ۲۰ کیلومتر
مهمترین عوامل اختلال در عملکرد لینک	مه، دود، گرد و غبار غلیظ	باران و اختلال رادیویی

نتیجه

در این مقاله، روش‌های مختلف انتقال اطلاعات بصورت بدون سیم شامل سیستم‌های مخابرات نوری فضای آزاد، سیستم‌های رادیویی Wi-Fi، وایمکس، LTE، شبکه‌های برد بلند پُر ظرفیت، شبکه‌های نوری و رادیویی داخل فضای بسته بیان شد و نقاط ضعف و قوت هر کدام از آنها مورد بررسی قرار گرفت.

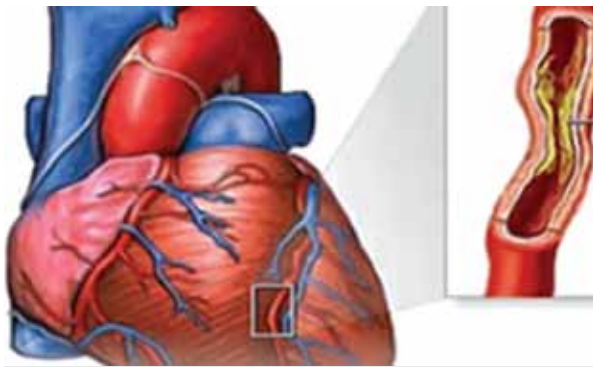
به‌منظور بکارگیری این سیستم‌ها در شبکه‌های NGN و با توجه به شرایط محیطی جداول مقایسه‌ای ۱ تا ۳ ارائه شد. در سیستم‌های رادیویی برد بلند، عامل محدود کننده باران و در سیستم‌های نوری مه می‌باشد، لذا ترکیب سیستم‌های نوری و رادیویی با عنوان RF/FSO می‌تواند راه حل مناسب برای شبکه‌های NGN در قسمت اتصال شبکه‌های هسته به یکدیگر باشد. در لایه دسترسی و برای فضا‌های بسته، بکارگیری سیستم‌های مبتنی بر دیود نورپیشنهاده می‌شود. این سیستم‌ها علاوه برداشتن پهنای باند بیشتر نسبت به سیستم‌های رادیویی از این امتیاز برخوردارند که امنیت بالاتری نیز ایجاد می‌نمایند.

بی‌نوشته

1. Next Generation Network
2. Free Space Optical Communication
3. Multiple Input Multiple Output
4. Orthogonal Frequency Division Multiplex
5. Code Division Multiple Access
6. Long Term Evaluation
7. Core Network

مرجع

1. Demers, F.Yanikomeroglu, H.; St-Hilaire, M. "A Survey of Opportunities for Free Space Optics in Next Generation Cellular Networks", IEEE, May 2011.
2. M. Matsumoto, K. Kazaura, P. Dat, A. Shah, K. Omae, T. Suzuki, K. Wakamori, T. Higashino, K. Tsukamoto and S. Komaki, "An alternative access technology for next generation networks based on full-optical wireless communication links, in Innovations in NGN: Future Network and Services", First ITU-T Kaleidoscope Academic Conference on, 2008, pp. 221-228.
3. Heinz Willebrand and Baksheesh S. Ghuman, "Free Space Optics: Enabling Optical Connectivity in Today's Networks", Sams Publishing, December 2001.
4. A. K. Majumder and J. C. Ricklin, "Free space laser communications", New York, NY: Springer, 2008.
5. M I Barkway, "LTE: What, Where, and When", 29 Jan 2009.
6. MOTOROLA, "Long Term Evolution Technical Overview".
7. Karim Seddik, "LTE and LTE-Advanced", 2011.
8. I. E. Lee, Z. Ghassemloooy, W. P. Ng, and S. Rajbh, "Fundamental Analysis of Hybrid Free Space Optical and Radio Frequency Communication systems", 2010.
9. R.Ramirez-Iniguez and R. J. Green, "Indoor optical wireless communications in Optical Wireless Communications", IEEE Colloquium on, 1999, pp. 14/1-14/7.
10. Wasiu O. Popoola, Zabih Ghassemloooy, "BPSK Subcarrier Intensity Modulated Free-Space Optical Communication in Atmospheric Turbulence", IEEE Journal of Lightwave Technology, Vol. 27, No. 8, April 2009.
11. W. O. Popoola, Z. Ghassemloooy, V. Ahmadi and E. Leitgeb, "MIMO Free-Space Optical Communication Employing Subcarrier Intensity Modulation in Atmospheric Turbulence Channels," Communications Infrastructure Systems and Applications in Europe, Vol. 16, pp 63-71, 2009.
12. Yuichi Tanaka Toshihiko Komine Shinichiro Haryana Masao Nakagawa, "A Basic study of optical OFDM system for Indoor Visible Communication utilizing Plural White LEDs as Lighting".
13. Mohamed K. Watfa, Khaled Abdel Naby, Chetan Govind Bhatia, "NGN and WiMAX: Putting the Pieces Together", Engineering and Technology, 2011.
14. J.S. Seybold and I. Net Library, "Introduction to RF Propagation", Wiley Online Library, 2005.



رساله دکتری مهندسی برق کنترل سیستم‌های کنترل ازدحامی برای نانوپزشکی و کاربرد آن در پیشگیری بیماری تصلب شرایین

علیرضا روحانی‌منش
استاد راهنما: دکتر محمد رضا اکبرزاده توتونچی
گروه برق / دانشگاه فردوسی مشهد

به منظور افزایش امکان (ADENP) خاص را برای نانوعامل‌ها پیشنهاد می‌کنیم که آن را نانوذره خودگردان حامل دارو بسیار ADENP در مقیاس نانو با عنایت به محدودیت‌های نانوفناوری امروزی، پیچیدگی سخت‌افزاری ADENP پذیری تولید خاص، ما تئوری عامل‌های پایه‌ی فازی و عامل‌های پایه‌ی بازه‌ای را به عنوان یک ADENP پایین می‌باشد. به‌عنوان دو نوع چارچوب نظری قوی برای رابانش ازدحامی توسط عامل‌های بسیار ساده به خصوص برای نانوپزشکی پیشنهاد می‌کنیم. با توجه به سادگی ساختاری عامل‌های پایه‌ی پیشنهادی، این رویکرد برای تحقق رایانه‌های قابل برنامه‌ریزی توسط نانوعامل‌ها، بسیار امیدوار کننده است. در این رساله، به صورت ریاضی اثبات می‌کنیم که عامل‌های پایه‌ی پیشنهادی از خاصیت تقریب گر عمومی توابع و قابلیت برنامه‌ریزی بهره می‌برند که هر دو از نیازهای حیاتی برای رایانش در مقیاس نانو است. علاوه بر این، مقاوم بودن و طراحی بهینه رایانش ازدحامی توسط عامل‌های پایه‌ی پیشنهادی به صورت تحلیلی مورد بررسی قرار می‌گیرد. توانایی رهیافت ارائه شده از طریق شبیه‌سازی و پیاده‌سازی عملی ارزیابی می‌شود و تعدادی از روش‌های کنترل ماکروسکوپی رایج توسط سیستم کنترل ازدحامی پیشنهادی پیاده‌سازی می‌گردد. در بخش شبیه‌سازی، ما یک روش غیر تهاجمی جدید را توسط ازدحامی‌های پیشنهادی برای پیشگیری بیماری آترواسکلروز (تصلب شرایین) معرفی می‌کنیم. در این پژوهش، یک ADENP از مبتنی بر یکی از مدل‌های ریاضی معتبر برای شبیه‌سازی انتقال «ADENP Tool» با نام MATLAB جدید تحت Toolbox نانوذرات- دارو در LDL- نانوذرات در دیواره رگ طراحی شده است. همچنین، یک مدل فشرده فضای حالت جدید برای انتقال دیواره رگ پیشنهاد شده است که می‌تواند به طور وسیع در نانوپزشکی مورد استفاده قرار گیرد. در بخش پیاده‌سازی عملی، یک پلانیت کنترلی طراحی کرده‌ایم تا تعدادی از روش‌های کنترلی ماکروسکوپی رایج را توسط ازدحامی از میلی ذرات خودگردان پیشنهادی برای کنترل اتوماتیک یک ربات واقعی خودرو مانند، پیاده‌سازی کنیم.

در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های قابل توجه در فناوری نانو، امکان تولید عامل‌هایی در مقیاس نانو را جهت ارسال به درون بدن انسان محقق ساخته که این امر منجر به جهشی بزرگ در پزشکی امروز در راستای تشخیص و درمان بیماری‌های پیچیده شده است. این زمینه‌ی تحقیقاتی میان رشته‌ای جدید، نانوپزشکی نام دارد. در فناوری نانو و به خصوص در نانوپزشکی، هر نانوعامل دارای قابلیت‌های بسیار محدودی است. فیدبک گرفتن از طریق حسگرها، تحریک کردن از طریق عملگرها و انجام محاسبات از طریق کنترلر (واحد محاسباتی)، همگی به صورت محلی، توزیع شده و غیرمتمرکز هستند. علاوه بر این، محیط داخلی بدن انسان بسیار پویا و سرشار از عدم قطعیت است. از این رو، وظایف خواسته شده در نانوپزشکی، مشابه و یا در بعضی موارد پیچیده تر از مسایل ماکروسکوپی مهندسی می‌باشند. اما خوشبختانه، در بسیاری از مسایل کاربردی فناوری نانو از جمله نانوپزشکی، حتی در حجم کوچکی از محیط، ازدحام‌های بزرگی از نانوعامل‌ها وجود دارد. سؤال اصلی این است که چگونه می‌توان از ازدحام نانو عامل‌های بسیار ساده جهت انجام محاسبات پیچیده در یک محیط با عدم قطعیت بالا به طور خودگردان بهره برد؟ این رساله به طور کلی برای نانو فناوری و به طور خاص برای نانوپزشکی، به این سوال پاسخ می‌دهد. در این تحقیق، ما یک معماری می‌نامیم.



رساله دکتری مهندسی برق الکترونیک

تحلیل و طراحی مبدل آنالوگ به دیجیتال تقریب متوالی برای کاربردهای پزشکی



مهدی صابری
استاد راهنما: دکتر رضا لطفی
دکتر خلیل مافی‌نژاد
گروه برق / دانشگاه فردوسی مشهد

خازنی سگمنتال که در آن چند بیت با ارزش بیشتر به صورت یگانی و بقیه بیت‌های کم ارزش به صورت دودویی پیاده شوند یک ساختار بهینه خواهد بود. با محاسبه مقدار توان مصرفی ناشی از سوئیچ‌زنی خازن‌ها و همچنین توان مصرفی مربوط به دیکدر کد دودویی به کد دماسنجی در ساختار آرایه خازنی سگمنتال بر حسب تعداد بیت-های پر ارزش که به صورت یگانی پیاده‌سازی می‌شوند، مقدار بهینه درجه تقسیم‌بندی نیز محاسبه می‌شود.

بر اساس تحلیل‌های انجام شده و بر اساس یک بررسی موردی، یک مبدل تقریب متوالی ۱ ولت، ۱۰ بیت، 100 kS/s در تکنولوژی CMOS 90nm با آرایه خازنی سگمنتال طراحی و شبیه‌سازی شده است. شبیه‌سازی‌های مدارهای نشان می‌دهند که مقدار THD مبدل برابر با $-60/8 \text{ dB}$ و توان مصرفی آن $35/2 \mu\text{W}$ است که مؤید کارایی ساختار ارائه شده می‌باشد.

همچنین، یک ساختار جدید کم مصرف برای مبدل تقریب متوالی مقادیر نمونه‌ها کار می‌کند طراحی، شبیه‌سازی و ساخته شده است. این ساختار برای کاربردهایی که در آنها سیگنال ورودی در بیشتر زمان‌ها آهنگ تغییرات کمی دارد، از جمله سیگنال‌های پزشکی، باعث کاهش توان مصرفی در زیر مبدل آرایه خازنی و همچنین مقایسه کننده می‌شود.

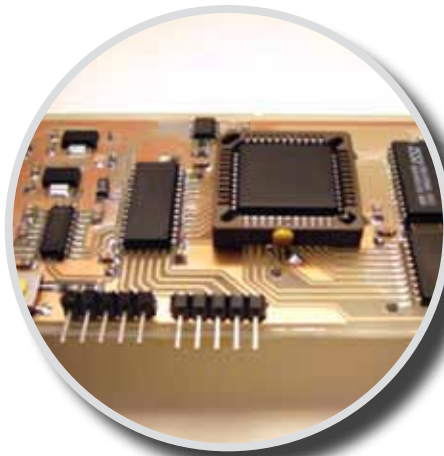
بر اساس این ساختار جدید، یک مبدل ۱۰ بیت 1 kS/s در تکنولوژی CMOS 90nm پیاده‌سازی و ساخته شده است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد که مقدار SNDR و توان مصرفی در فرکانس نمونه برداری 1 kS/s و فرکانس سینوسی ورودی $249/5 \text{ Hz}$ به ترتیب برابر با $51/7 \text{ dB}$ و 88 nW می‌باشد.

مبدل آنالوگ به دیجیتال تقریب متوالی به علت استفاده از حداقل مدار فعال به صورت گسترده در کاربرد-هایی با توان مصرفی پایین استفاده می‌شود.

در این رساله، توان مصرفی ناشی از سوئیچ‌زنی آرایه خازنی و همچنین رفتار غیرخطی ناشی از عدم تطبیق بین خازن‌های زیر مبدل دیجیتال به آنالوگ مورد استفاده در مبدل تقریب متوالی مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

در نتیجه تحلیل انجام شده، برای نخستین بار روابطی بسته برای مقدار توان مصرفی و همچنین پارامترهای رفتار غیرخطی از قبیل انحراف معیار INL و DNL برای سه ساختار با زیر مبدل آرایه خازنی دودویی که از عمومیت بیشتری برخوردار می‌باشد، ارائه می‌شود. همچنین، برای نخستین بار نشان داده می‌شود که چنانچه از آرایه خازنی یگانی استفاده شود، توان مصرفی زیر مبدل آرایه خازنی به دلیل کاهش فعالیت سوئیچ‌زنی به اندازه ۳۷٪ نسبت به همتای خود در ساختار دودویی متعارف کاهش می‌یابد. در مقابل، دیکدر کد دودویی به کد دماسنجی مورد نیاز در ساختار یگانی باعث افزایش پیچیدگی و توان مصرفی این ساختار می‌شود. لذا، نشان داده می‌شود که یک ساختار آرایه



رساله دکتری مهندسی برق - الکترونیک

پیاده‌سازی مدارات با قابلیت اطمینان و کارآیی بالا بر اساس ساختارهای آرایه متقاطع در فناوری نانو

مرتضی قلی‌پور

استاد راهنما: دکتر ناصر معصومی

دانشکده برق و کامپیوتر / پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

FPNI بوده است. ساختارهای آرایه متقاطع با توجه به آرایش منظم و هم‌چنین چگالی بالای افزاره‌ها برای کاربردهایی همچون رمزنگاری و پردازش تصاویر مناسب می‌باشند. از جمله کاربردهای ساختارهای آرایه متقاطع می‌توان به تحقق مدارهای رمزنگاری، پردازشگرهای DSP، مدارهای حافظه و FPGA اشاره کرد. وجود تفاوت‌های اساسی بین ساختارهای مختلف امکان مقایسه و ارزیابی کارآیی آنها را دشوار می‌سازد.

بررسی ساختارهای پیاده‌سازی مدارات مقیاس نانو می‌بایست از جنبه‌های مختلف معماری و روش‌های پیاده‌سازی، عناصر سازنده، نحوه نگاشت مدار بر روی ساختار، ابزار شبیه‌سازی، نحوه ارتباط ساختار نانو با مدارات مقیاس میکرو و میزان کارآیی و قابلیت اطمینان مورد توجه قرار گیرد.

یکی از اهداف این تحقیق تهیه بستر مشترکی است که، علیرغم تفاوت‌های موجود بین ساختارها، امکان ارزیابی عملکرد و مقایسه منصفانه آنها را فراهم سازد. با استفاده از نتایج بدست آمده و بر اساس نیازها و کاربردها می‌توان به هدف مهم این تحقیق، که پیشنهاد ساختار متقاطع مناسب برای پیاده‌سازی مدارات مقیاس نانو است، دست یافت. نتایج شبیه‌سازی‌های اولیه نشان می‌دهد که مدارات مبتنی بر آرایه نانوسیم متقاطع دارای مساحت کمتری هستند و تاخیر آنها کمی بیشتر از تاخیر مدارات ساخته شده با MOSFET است. برای دستیابی به نتایج دقیق از پارامترهای کارآیی، مدل ساختار پیشنهادی بر اساس روابط تئوری استخراج شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت. پس از آن با پیاده‌سازی مدار کاربردی بر اساس ساختار پیشنهادی و شبیه‌سازی آن، کارآیی ساختار به طور دقیق ارزیابی خواهد شد.

از دیگر اهدافی که در این تحقیق دنبال خواهد شد فراهم آوردن ابزاری برای کمک به فرایند طراحی مدارات مقیاس نانو است. پس از پیاده‌سازی مدار کاربردی بر اساس ساختار پیشنهادی، با استفاده از مدل‌های مداری و به کمک شبیه‌سازی‌های HSPICE کارآیی آن به طور دقیق ارزیابی خواهد شد. با توجه به نظم موجود در ساختارهای آرایه‌ای مقیاس نانو، با انجام بهینه‌سازی ساختار می‌توان به پارامترهای کارآیی مورد نظر نزدیک‌تر شد.

در سال‌های اخیر تکنولوژی CMOS، علیرغم برخورداری از ویژگی‌هایی چون توان مصرفی پایین و حاشیه نویز بالا، با چالشی جدی مواجه شده است. کاهش ابعاد تکنولوژی CMOS سبب بروز مشکلاتی همچون محدودیت‌های فیزیکی، افزایش تاخیر اتصالات میانی در مقایسه با تاخیر ترانزیستورها و مشکلات توزیع پالس ساعت شده و محققان را بر آن داشته تا به دنبال راه حل‌های جایگزین برای غلبه بر این مشکلات باشند. یکی از راه حل‌های ارائه شده در زمینه نانو الکترونیک، ساختار نانوسیم متقاطع می‌باشد که متشکل از دو آرایه عمود بر هم از نانوسیم‌های موازی است. نقاط تقاطع در ساختار متقاطع می‌توانند به عنوان افزارهای الکترونیکی مثل مقاومت، دیود و ترانزیستور عمل کنند. با توجه به افزایش تعداد ترانزیستورهای موجود در واحد سطح در ساختارهای متقاطع نانو، می‌توان مدارهای مجتمع با چگالی بسیار بالا و پیچیدگی زیاد را طراحی نمود.

در دهه اخیر تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از آرایه نانو سیم‌های متقاطع انجام شده است، که نتیجه آن ایجاد ساختارهایی همچون CMOL، NASIC، NanoPLA، NanoFabric و



رساله دکتری مهندسی برق قدرت

مطالعه آماری قیمت برق و مدل سازی آن به کمک قضیه حد مرکزی جهت بررسی سطح رقابت پذیری بازار برق

محمد ابراهیم حاجی آبادی
استاد راهنما: دکتر حبیب رجبی مشهدی
گروه برق / دانشگاه فردوسی مشهد

قیمت برق، بعنوان مهمترین کمیت خروجی بازار برق، حاوی اطلاعات بسیار مهمی از عملکرد بازار برق می باشد. بنابراین تحلیل دقیق قیمت برق می تواند به خوبی روشنگر نحوه عملکرد بازار برق و بیانگر چگونگی تمایلات و رفتار بازار در شرایط مختلف بهره برداری از شبکه باشد.

اگرچه مطالعات متعددی در زمینه قیمت برق و رفتار آن در بازار برق صورت گرفته است، اما مدل سازی تحلیلی این کمیت کمتر مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این رساله، تحلیل آماری و احتمالی کمیت قیمت برق با هدف تحلیل و تبیین ویژگی های قیمت برق و بازار برق در شرایط مختلف بازار می باشد.

برای رسیدن به این هدف، سه گام اساسی در این رساله برداشته شده است. در گام اول مطالعه ای آماری و احتمالی روی قیمت برق و تغییرات آن در بازارهای نیوانگلند، آنتاریو و نورد پول انجام شده است. سپس با استفاده از مفاهیم موجود در شاخص های آماری به بررسی رفتار بازار برق در شرایط مختلف بازار پرداخته شده است. به عنوان مثال، مطالعات آماری نشان می دهند که در بازه میان مدت، با کاهش بار شبکه از پرباری به کم باری، گشتاورهای آماری قیمت برق به سمت گشتاورهای

آماری توزیع نرمال متمایل می گردند. در مقابل با افزایش سطح بار شبکه عدم قطعیت قیمت برق کاهش یافته و توزیع احتمال قیمت برق از توزیع نرمال دور می گردد.

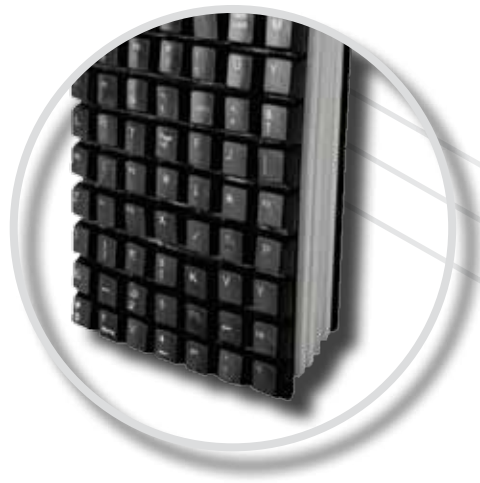
در گام دوم فرآیند شکل گیری قیمت برق مطالعه و بررسی شده است. در این مرحله مدلی تحلیلی برای قیمت برق جهت تعیین ارتباط بین راهبرد قیمت دهی واحدهای تولیدی با قیمت برق در هر باس ارائه شده است.

در مدل ارائه شده قیمت برق در هر باس بصورت ساختاری به سه قسمت تجزیه شده است. قسمت اول مقداری ثابت برای هر باس می باشد که به ساختار شبکه و بار بستگی دارد. قسمت دوم جمع وزن دار راهبرد واحدهای حدی است. قسمت سوم نیز جمع وزن دار تولید واحدهایی است که با حد بالای تولید خود مواجه شده اند. مدل ارائه شده برای قیمت برق در این گام ابزار مناسبی را برای پیش ساختاری رفتار بازار برق پیشنهاد می نماید.

در گام سوم، ابتدا نشان داده شده است که مدل تجزیه ساختاری قیمت در هر باس قابل بیان بصورت ساختار قضیه کلاسیک حد مرکزی می باشد. در این مدل سازی نشان داده شده است که در سطح بار بالا، به دلیل مواجه شدن واحدهای تولیدی با سقف تولید، تعداد واحدهای حدی کم شده و نیز به دلیل رخدادن تراکم واحدهای اثر گذار بر قیمت برق در هر منطقه محدود می شوند. بنابراین در اوج بار، با کاهش تعداد متغیرهای تصادفی، انتظار می رود که توزیع احتمال قیمت برق بسیار متأثر از راهبرد قیمت دهی واحدهای حدی باشند. به عبارتی دیگر، با کاهش تعداد واحدهای حدی در پرباری، عدم قطعیت قیمت برق کاهش یافته و بر طبق قضیه کلاسیک حد مرکزی توزیع احتمال قیمت برق از توزیع نرمال دور می گردد.

نتایج شبیه سازی شبکه های آزمون ۲۴ و ۳۰۰ باسه IEEE بیانگر کارایی روش های پیشنهادی در پیش بازار و بررسی رفتار آماری قیمت برق می باشند.

روش های تحلیلی ارائه شده در این رساله قابلیت کاربرد در پیش بازار و همچنین طراحی بازاری برق را دارد.



رساله‌ی دکتری مهندسی برق و کامپیوتر – گرایش

هوش ماشین و رباتیک

بازشناسی زیر کلمات دست‌نویس فارسی وابسته به نویسنده با قابلیت یادگیری

کاظم فولادی قلعه
استاد راهنما: دکتر بابک نجار اعرابی
استاد مشاور: دکتر احسان‌اله کبیر
دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران

الگوریتم سریع و دقیق ترازبندی به همراه روش مناسب کاهش لغت‌نامه و نیز معیار شباهت مناسب، منجر به نرخ بازشناسی بالا در کنار سرعت بالا شده است.

تولید و سنتز زیر کلمات دست‌نویس فارسی موضوع دیگری است که این رساله به آن می‌پردازد. برای یادگیری سبک نوشتاری یک نویسنده، از مجموعه‌ی محدودی از زیر کلمات که «زیر کلمات پایه» نامیده می‌شوند، استفاده می‌کنیم. این زیر کلمات از طریق فرم‌های از پیش آماده شده که توسط نویسنده پر شده است به دست می‌آیند.

گلیف‌های (ساده یا لیگاتور) خط نویسنده از این زیر کلمات پایه استخراج می‌شوند. با استفاده از این گلیف‌ها و الحاق ترکیبات مناسب آنها می‌توانیم هر زیر کلمه‌ی دلخواهی را با سبک نوشتاری آن نویسنده به صورت مصنوعی تولید کنیم.

نتایج حاصله نشان می‌دهد که استفاده از این مجموعه الگوی مرجع به نرخ بازشناسی قابل قبولی – حتی بهتر از استفاده از الگوهای طبیعی – منجر می‌شود.

بازشناسی متون دست‌نویس یکی از کاربردهای جالب توجه بازشناسی الگو است. در این رساله، بر روی مسئله‌ی بازشناسی دست‌نویس برون خط برای خط فارسی با توجه به زیر کلمه به عنوان واحد بخش‌بندی، کار شده است.

فرم کلی هر زیر کلمه در قالب یک شکل در نظر گرفته شده است و به صورت یک منحنی بسته (کانتور) بازنمایی شده است. رویکرد مورد استفاده در این کار، وابسته به نویسنده است، به این معنی که سیستم برای بازشناسی زیر کلمات نوشته شده توسط یک نویسنده‌ی خاص آماده می‌شود.

روش پیشنهادی ما در این رساله برای شباهت‌سنجی کانتورها از یک تکنیک ترازبندی سریع به عنوان قلب الگوریتم بازشناسی استفاده می‌کند که دقت آن قابل مقایسه با روش‌های عمومی ترازبندی منحنی‌هاست، اما از نظر سرعت بر تری قابل ملاحظه‌ای دارد.



رساله دکتری مهندسی برق - قدرت

مکان‌یابی خطا در شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی با الگوریتم تطابق

رحمن دشتی

استاد راهنما: دکتر جواد ساده

گروه برق / دانشگاه فردوسی مشهد

حفاظتی مختلف در موقعیت‌های مناسب و ارائه یک روش هماهنگی حفاظتی ویژه که قابلیت شناسایی خطا در هر بخش با استفاده از الگوی جریانی ترمینال ابتدای فیدر را داراست به تعیین بخش خطا می‌پردازد. دیدگاه دوم تعیین بخش خطا از طریق الگوریتم تطابق است. جهت رفع مشکل چند پاسخی در روش‌های امیدانسی تاکنون راهکارهایی ارائه شده که اساس اکثر آنها در اختیار داشتن بانک اطلاعاتی دقیق و حجیم بوده است. دیدگاه دوم ارائه شده در این پیشنهاد رساله، نیاز به بانک داده نداشته و به ازاء هر یک از مکان‌های ممکن تعیین شده، خطای اتصال کوتاه مشابهی شبیه‌سازی شده و شکل موج ولتاژ ابتدای فیدر استخراج می‌شود. مکان و بخش اصلی خطا، مکان و بخشی است که شکل موج‌های ولتاژ به دست آمده از شبیه‌سازی با شکل موج‌های ولتاژ ثبت شده در ابتدای فیدر به ازاء خطای اصلی تطابق بیشتری داشته باشد. جهت بررسی میزان تطابق، می‌توان مقادیر نمونه‌ها یا مقادیر ویژگی‌های استخراج شده از شکل موج‌های ولتاژ را مورد مقایسه قرار داد. البته این ویژگی‌ها باید دارای این مزیت باشند که قابلیت تفکیک بهتری از خود نمونه‌ها داشته باشند. لذا در این راستا از تبدیل فوری و تبدیل مویک در بررسی دقیق‌تر میزان تطابق بهره جسته شده است.

با توجه به حضور روز افزون واحدهای تولید پراکنده در شبکه توزیع و اهمیت مکان‌یابی خطا در این سیستم‌ها، در این رساله روش امیدانسی جدیدی جهت تعیین مکان خطا در شبکه‌های توزیع با حضور واحد تولید پراکنده نیز ارائه شده است. با توجه به اینکه بار در شبکه‌های توزیع همواره با تغییرات مواجه بوده و دقت روش‌های امیدانسی وابسته به امیدانس بار است، لذا در این رساله روشی پیشنهاد گردیده که با استفاده از ولتاژ و جریان ثبت شده در ابتدای فیدر در لحظات قبل از خطا، میزان بار هر یک از ترانس‌های توزیع تخمین زده شده است. همچنین در این رساله روش پیشنهادی مکان‌یابی خطا در شبکه توزیع در برابر تجدیدآرایش شبکه، حضور خازن‌های اصلاح پروفیل ولتاژ و ضربه توان و حضور اتوبوس‌تر بررسی و نتایج ارزیابی‌ها ارائه شده است.

تاکنون روش‌های متعددی در ارتباط با مکان‌یابی خطا در شبکه انتقال ارائه شده است. استفاده مستقیم از این روش‌ها در شبکه توزیع به دلایلی همچون وجود انشعاب‌های متعدد، غیر یکنواختی فیدرها (خطوط کابلی، خطوط هوایی، سطح مقطع متفاوت انشعاب‌ها و تنه اصلی فیدر)، نامتعادلی (عدم جابجایی شدگی خطوط، بارهای تک‌فاز و سه فاز)، ثابت نبودن بار و اندازه‌گیری مقادیر ولتاژ و جریان فقط در ابتدای فیدر ممکن نمی‌باشد. بنابراین روش‌های خاص امیدانسی، امواج سیار و روش‌های هوشمند جهت مکان‌یابی خطا در شبکه توزیع مطرح گردید. متداول‌ترین این روش‌ها، روش‌های امیدانسی است که با مشکلاتی مانند چند پاسخی و عدم تشخیص بخش خطا روبرو بوده و قادر به ارائه پاسخ یکتا نیستند.

در این رساله ابتدا با استفاده از مدل گسترده خط و مدل کامل بار معادله‌ای درجه پنج از فاصله خطا ارائه و روش پیشنهادی امیدانسی را مطرح می‌نماید. در ادامه با استفاده از روش پیشنهادی تمامی مکان‌های ممکن خطا تعیین می‌شود. از آنجا که مکان‌های ممکن خطا معمولاً بیش از یک مکان می‌باشد، لازم است بخش خطا شناسایی شده تا مکان صحیح خطا تعیین گردد. برای این منظور دو دیدگاه متفاوت جهت شناسایی بخش خطا پیشنهاد شده است. دیدگاه اول بر اساس جایگذاری تجهیزات



رساله دکترای مهندسی برق مخابرات - گرایش میدان کاربرد فرامواد مبتنی بر خط انتقال در طراحی و ساخت آنتن‌ها

سید محمد سعید ماجدی
استاد راهنما: دکتر امیررضا عطاری
گروه برق / دانشگاه فردوسی مشهد

برای پیاده‌سازی آنتن تشدید مرتبه صفر، باعث ایجاد الگوی تشعشعی بردساید خواهد شد. علاوه بر این، سلول واحد اصلاح شده دارای ابعاد کوچکتری در مقایسه با ابعاد سلول‌های متداول است. براساس این ساختار دو آنتن تشدید مرتبه صفر گذردهی منفی با الگوی تشعشعی بردساید طراحی و ساخته شده است. آنتن اول تک سلولی و دارای ابعاد کوچک بوده و آنتن دوم نه سلولی و دارای بهره بالا است.

در پژوهشی دیگر از حوزه مرتبط با تشدیدکننده‌های مرتبه صفر، دو نوع آنتن تشدید دو-باندی با ساختار مبتنی بر خط انتقال گذردهی منفی، تحلیل، طراحی و ساخته شده است. آنتن اول دارای عملکرد دو-مودی و آنتن دوم دارای عملکرد دو-قطبشی است.

پژوهش آخر ارائه شده در زمینه تشدیدکننده‌های مرتبه صفر، در رابطه با تحقق یک آنتن فشرده و پهن باند است. به طور کلی بسیاری از آنتن‌های فشرده مبتنی بر فرامواد دارای پهنای باند باریکی هستند. این مشکل، استفاده از چنین آنتن‌هایی را در برخی از کاربردها محدود می‌کند.

در این پژوهش با استفاده از خط انتقال گذردهی منفی با ساختار خط نوار هم‌صفحه، یک آنتن فشرده تشدید مرتبه صفر مبتنی بر فراماده با پهنای باند بهبود یافته ارائه شده است.

در حوزه سوم از پژوهش‌های انجام شده در این رساله، تحلیل موجبرهای مجتمع شده در زیرلایه با استفاده از تئوری فرامواد و کاربرد آن‌ها در طراحی آنتن مورد بررسی قرار گرفته است.

با دقت در ساختار موجبر مجتمع شده در زیرلایه ملاحظه می‌شود که این ساختار مشابه یک خط انتقال گذردهی منفی است. در پژوهش انجام شده، از یک تشدیدکننده مدار-باز با ساختار موجبر مجتمع شده در زیرلایه برای طراحی و ساخت دو آنتن جدید استفاده شده است. این آنتن‌ها با استفاده از دو رویکرد متفاوت، شامل تئوری موجبرها و همچنین تئوری فرامواد مبتنی بر خط انتقال، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته‌اند.

موضوع رساله حاضر، کاربرد ساختارهای فرامواد مبتنی بر خط انتقال در طراحی و ساخت آنتن‌ها با تمرکز بر روی آنتن‌های تشدید است. پژوهش‌های انجام شده در این رساله را می‌توان در سه حوزه طبقه‌بندی نمود.

حوزه اول شامل بررسی عملکرد دو-باندی در ساختارهای فرامواد مبتنی بر خط انتقال به صورت تئوری می‌باشد.

یکی از ویژگی‌های پرکاربرد خطوط انتقال راستگرد/چپگرد ترکیبی، امکان دستیابی به عملکرد دو-باندی با استفاده از آن‌هاست. نتیجه پژوهش انجام شده در حوزه اول، ارائه روابط جدید و دقیقی برای طراحی ساختار راستگرد/چپگرد ترکیبی دو-باندی است.

حوزه دوم پژوهش که بخش عمده‌ای از رساله را شامل می‌شود، به تحقق تشدیدکننده‌های مرتبه صفر با استفاده از فرامواد مبتنی بر خط انتقال و کاربرد آن‌ها در طراحی آنتن اختصاص دارد. در این بخش از پژوهش، نخست یک نوع آنتن فشرده تشدید مرتبه صفر با استفاده از خط انتقال نفوذپذیری منفی طراحی، تحلیل و ساخته شده است.

در ادامه نیز یک ساختار اصلاح شده برای سلول واحد خط انتقال گذردهی منفی ارائه می‌شود. استفاده از این سلول



نام خانوادگی :	نام :
----------------	-------

[illegible]

تاریخ و محل تولد :

مقطع تحصیلی	گرایش تحصیل	دانشگاه محل تحصیل / شهر / کشور	سال فراغت از تحصیل
دانشجو			
کارشناسی			
کارشناسی ارشد			
دکترا			

تاریخ و امضاء متقاضی :

نوع عضویت :	شماره عضویت :	تاریخ عضویت :
-------------	---------------	---------------

فصل نامہ

ASR-E-BARO

علمی، آموزشی، پژوهشی

انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران - شاخه خراسان

سال نخست/ شماره ۱/ پاییز ۱۳۹۲ ۵۵



درخواست اشتراک نشریه عصر برق

(لطفاً کپی این فرم را به طور خوانا و دقیق تکمیل فرمایید)

شماره اشتراک:

شماره اشتراک قبل:

(مشخصات متقاضی)

نام شرکت / موسسه:

نام خانوادگی:

نام:

شغل: میزان تحصیلات: رشته تحصیلی:

نشانی: استان: شهر: بلوار: خیابان:

کوچه: پلاک: طبقه: واحد: کدپستی:

صندوق پستی: پست الکترونیک: تلفن:

نمابر: پیش شماره: تلفن همراه:

تعداد نسخه در هر نوبت: ☐ ارسال از شماره: ☐ شماره‌های قبلی مورد درخواست:سرویس پست: عادی ☐ سفارشی ☐ ارسال به: نشانی پستی ☐ صندوق پستی ☐

مبلغ واریزی: شماره رسید بانکی: بانک / شعبه:

برای برقراری اشتراک نشریه عصر برق، هزینه اشتراک مورد نظر را از جدول مقابل انتخاب نموده و به حساب ۴۰۶۵۳۷۹۲۷ شعبه برق نزد بانک تجارت (قابل پرداخت در همه شعب بانک تجارت) به نام نشریه عصر برق واریز و رسید مربوطه را به همراه برگ تکمیل شده درخواست اشتراک به نشانی: مشهد. پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده فنی گروه برق، اتاق ۲۸۴ ارسال فرمایید.

هم‌چنین برای جلوگیری از عملیات پستی و سهولت کار می‌توانید فرم تکمیل شده را به وسیله نمابر به شماره ۰۵۱۱-۶۱۰۳۸۵۶ ارسال فرمایید.

پست سفارشی

پست عادی

۳۰۰,۰۰۰ ریال

۲۵۰,۰۰۰ ریال

یکساله

اشتراک

تذکر: اشتراک بیش از یک سال پذیرفته نمی‌شود.

دانشجویان محترم، اساتید گرامی و فرهنگیان عزیز در صورت تمایل می‌توانند مبالغ فوق را پس از کسر ۱۰٪ واریز فرمایند. برای دریافت شماره‌های قبلی نشریه به ازای هر شماره مبلغ ۵۰,۰۰۰ ریال به حساب واریز گردد.



نیان الکترونیک در مسیر توسعه و کار آفرینی

در بازار، کانورترهای DC به DC را طراحی نمودم و بعد شروع به نمونه‌سازی کردم و بعد برای مصرف در بازار مخابرات به آن جهت دادیم و چون تکنیک سوئیچ‌مد از مزایای زیادی مانند وزن کمتر، راندمان بالاتر و اصلاح ضریب قدرت برخوردار بود مورد توجه قرار گرفت.

● نحوه استقبال از محصول در بازار چگونه بود؟

○ به طور طبیعی مقاومت‌هایی وجود داشت، به خصوص در مناطقی که افراد با سابقه وجود داشتند این مقاومت بیشتر بود و برای این که بتوانیم به صنعت مخابرات راه پیدا کنیم از استان‌هایی آغاز کردیم که کارشناسان جوان‌تری مشغول به کار بودند و نخستین جایی که محصولات پذیرفته شد خرم‌آباد بود که در آنجا کارشناسان جوان بیشتری اشتغال داشتند و بعد از آن موفق شدیم به استان‌های دیگر هم دستگاه‌ها را بفروشیم. بازار استان‌ها بازارهای کوچکی بود که برای ورود به صنعت مفید بود و فرصتی برای ارتقاء محصول و ارایه آن به مراکز بزرگ‌تر را فراهم آورد و ما موفق شدیم کارگاه‌ها و بخش‌های مختلف تولید را راه‌اندازی نماییم تا امروز که توانسته‌ایم سیستمی را پیاده‌سازی کنیم که داریم نوآوری داشته باشد و بتواند سیستم‌ها و تجهیزات جدید را طراحی و تولید نماید و به فروش برساند و در حال حاضر با شناسایی نیازها و تنوع نوآوری‌ها و سرعت در طراحی و ساخت محصولات جدید به مرحله‌ای رسیده‌ایم که هیچ شرکتی را به عنوان رقیب احساس نمی‌کنیم.

● چرا نسبت به محصولات جدید این مقاومت‌ها وجود دارد

در صورتی که هر پیشرفتی نیازمند نوآوری و نوگرایی است؟

○ ما در بخش‌های دولتی با دو طیف از افراد برای تصمیم‌گیری روبه‌رو هستیم، طیف نخست افرادی هستند که به‌عنوان مدیران و مسئولان تصمیم‌گیری‌های کلان فعالیت دارند و دسته دوم کسانی هستند که به‌عنوان کارشناس در سیستم‌ها مشغول به فعالیت هستند. محصولات جدید باید از طرف کارشناسان مورد تایید قرار گرفته و به مدیران

مهندس محمدعلی چمنیان متولد ۱۳۴۸ مشهد است. دیپلم ریاضی را از دبیرستان ابن یمین مشهد اخذ نمود و در سال ۱۳۶۵ در رشته مهندسی برق گرایش الکترونیک در دانشگاه فردوسی مشهد پذیرفته شد و در سال ۱۳۶۹ از این دانشگاه فارغ‌التحصیل گردید.

بعد از پایان خدمت سربازی در دانشگاه علوم دریایی نوشهر به عنوان مدرس دروس الکترونیک و آزمایشگاه‌های مربوطه، از سال ۱۳۷۲ پایه‌گذاری شرکت نیان الکترونیک را آغاز نمود و در سال ۱۳۷۴ این شرکت را به ثبت رسمی رساند، شرکتی که در سال ۱۳۹۱ با تکیه بر واحد تحقیق و توسعه خود توانسته است ۶۴ محصول جدید را به بازار عرضه نماید و در همه سال‌های گذشته، با وجود مشکلات فراوان بارها عنوان کارآفرین برتر، واحد نمونه صنعتی در زمینه‌های مختلف، کسب عنوان‌های مختلف در جشنواره‌های متفاوت را در کارنامه فعالیت‌های خود به ثبت رسانده‌است، آن‌چه در ادامه خواهید خواند گفت‌وگویی است که با مهندس چمنیان به عنوان مدیر ارشد گروه نیان الکترونیک انجام شده است.

● برای شروع بحث ابتدا از نحوه شکل‌گیری نیان الکترونیک

توضیحاتی ارایه کنید.

○ شروع فعالیت نیان الکترونیک با یک کار تحقیقاتی از یک پروژه دانشگاهی بود، در دانشگاه فردوسی مشهد درسی به نام «مسایل مخصوص در الکترونیک قدرت» ارایه شد که موضوعات آن مربوط به مجموعه ۱۰۰ مقاله برتر دنیا در زمینه تکنولوژی‌هایی بود که هنوز تجاری سازی نشده بود و یکی از این موضوعات منابع تغذیه سوئیچ‌مد بود. با استفاده از این مقالات و تشویق‌های استاد مربوطه در سال ۷۲-۷۳ با استفاده از موضوعات همین مقالات علمی و قطعات موجود



سازمان را ترک کنند.

○ خیر. ما این موضوع را نپذیرفته‌ایم و آن را به عنوان یک شکست بزرگ تلقی می‌کنیم. بعضی از این نیروها بنا به دلایل عجیب و غریبی سازمان را ترک می‌کنند. ما برنامه تدوین شده‌ای در مورد منابع انسانی پیش‌بینی کرده‌ایم و مسایل رفاهی و حقوق و دستمزد را هم مد نظر قرار داده‌ایم اما نتیجه مطلوب نبوده است. به دلیل پایین بودن نرخ ارز در کشور تعدادی از نیروهای ما از کشور خارج شدند با این تلقی که با فروش منزل، در خارج از کشور به شرایط بهتری دست پیدا خواهند نمود یا این که در خارج از کشور تحصیلات ارزان‌تر از داخل کشور است. بعضی از نیروها هم تدریس و بحث‌های آموزشی را ترجیح می‌دهند و بعد از مدتی کار کردن، اعتقاد دارند مسئولیت یک کار تولیدی بسیار بالاتر از مسئولیت‌های آموزشی است و در توجیه آن می‌گویند در کلاس درس دانشجو ۲۰ دقیقه به پایان وقت قانونی کلاس به استاد خسته نباشید می‌گویند اما در یک کار تولیدی برای یک محصول باید ۱۲ سال به مشتری تضمین و تعهد خدمات بدهیم و شاید همین موضوع باعث شده، افرادی که می‌توانستند کارشناسان بسیار خوبی بشوند، برای ادامه تحصیل به دانشگاه رفته‌اند تا فوق لیسانس و دکترا بگیرند و در دانشگاه تدریس کنند. به نظر می‌رسد باید سیاست‌های کنترلی در این زمینه اعمال شود.

● به اعتقاد شما چه اقداماتی در تمایل مهندسان برای فعالیت‌های حرفه‌ای در صنعت باید انجام شود؟

○ در حال حاضر حاصل کارهای پژوهشی در دانشگاه‌ها تولید مقاله‌هایی است که گاهی از کارهای جامعه ما باز نمی‌کند و بیشتر برای موسسات خارج از کشور مفید است. ارتقاء در سیستم‌های دانشگاهی بر اساس تعداد مقاله‌های ISI است و این برای یک استاد دانشگاه خیلی راحت‌تر است که چند مقاله در نشریه‌ها چاپ کند تا این که بخواهد به عنوان مثال مسئولیت یک پژوهشگر را به عهده بگیرد و با مشکلات روزمره دست و پنجه نرم کند. از طرفی خروجی دانشگاه‌ها از جنسی نیست که بتوان به درستی آن‌ها را اندازه‌گیری نمود و سوالی که مطرح می‌شود این است که چند درصد از تحقیقات دانشگاهی در صنعت ایران کاربرد داشته است؟ سختی کارهای صنعتی از یک طرف و سهولت و سادگی کار در مراکز علمی، تحقیقاتی و آموزشی از طرف دیگر موازنه اشتغال نیروها در صنعت و دانشگاه را به هم می‌زند.

● به هر حال آیا نمی‌توان این موضوع را ضعف صنایع داخلی دانست که نمی‌توانند از نتایج پژوهشی دانشگاه‌ها استفاده کنند؟

○ ببینید؛ با تکیه بر بحث «توآوری باز» که آمریکایی‌ها آن را مطرح کرده‌اند و برای نخستین بار از دره سیلیکون آغاز شد، می‌توان دید که شبکه‌های مختلف اینترنتی باعث شده‌اند تمام دنیا دانش خود را در سایت‌ها به اشتراک گذارد و به‌طور مسلم کشوری که دارای صنایع قوی‌تر و شرایط بهتری است، بهترین استفاده را از این تحقیقات خواهد برد و حتی اگر ارزش گران شود و محققان نتوانند به آمریکا مهاجرت کنند باز هم برای آن‌ها تحقیقات می‌کنند و به راحتی نتایج تحقیقات را از سایت‌ها برداشته و استفاده می‌کنند. ما باید با آگاهی بیشتری به این مسایل نگاه کنیم و کاری کنیم سطح دانش و تکنولوژی ما به‌گونه‌ای همگن باشد که بتوانیم خودمان از دانش داخلی استفاده کنیم. بنابراین باید شاخص‌های ارزشیابی را تغییر دهیم تا اساتید و دانشجویان به ماشین تولید مقاله تبدیل نشوند و با اینکه با دریافت ۳ یا ۴ مقاله خارجی و تغییر متغیرهای آن به یک مقاله جدید برسند.

پیشنهاد شود. این کارشناسان مرتب مورد سوال قرار می‌گیرند و باید در مقابل سیستم به مدیران خودشان پاسخگو باشند و این موضوع باعث می‌شود آنها ریسک بالایی را در این زمینه قبول نکنند و البته مهارت کم مسئولان در بسیاری از زمینه‌ها این موضوع را شدت می‌بخشد.

● به طور طبیعی در این روند موفقیت‌ها، شکست‌ها و سختی‌هایی وجود داشته است که قابل ذکر است.

○ سختی‌های بزرگ کار برای شرکت‌های در حال توسعه بحث نقدینگی است که فرآیند توسعه را با مشکل مواجه می‌سازد. سرمایه ابتدایی شرکت ۳۰ هزار تومان بود و همین باعث کند شدن بیش از حد روند توسعه در سال نخست بود. شاید وجود یک سیستم اقتصادی که بتواند بدون بهره‌های عجیب و غریب و به‌دور از سیستم‌های فرمایشی و بانکی به گونه‌ای که نه کارآفرین را تنبل کند و نه اجازه رشد را از او بگیرد، می‌تواند به روند توسعه بسیار کمک کند.

یکی دیگر از سختی‌ها، مقاومت بازار و مواجهه با مشتریان جدید بود به‌گونه‌ای که محصولی که با دقت فراوان طراحی و تولید می‌شد و از نظر ما می‌توانست به‌عنوان یک محصول جایگزین مورد استفاده قرار گیرد، حتی برای بررسی هم پذیرفته نمی‌شد و این برای ما همیشه به‌عنوان یکی از نقاط شکست مطرح بود.

اما در حال حاضر که فعالیت‌های و محصولات توسعه یافته‌اند، دغدغه نیروی انسانی به عنوان یکی از بزرگ‌ترین سختی‌های کار و شکست‌ها در حوزه کار و فعالیت گروه نیان الکترونیک خودنمایی می‌کند و نیروهایی که سال‌ها در زمینه آموزش و مهارت آن‌ها کار شده است، شرکت را ترک می‌کنند و از وفاداری سازمانی لازم برخوردار نیستند.

● به نظر می‌رسد این موضوع، باید به عنوان یک روند طبیعی پذیرفته شده باشد که نیروها پس از مدتی یک

● به طور مشخص چه پیشنهادی را به عنوان یک صنعت‌گر یا کارآفرین برای پر کردن این فضای خالی بین صنعت و مراکز علمی و پژوهشی و دانشگاه‌ها ارائه می‌کنید؟

○ در کشورهای توسعه یافته به این نتیجه رسیدند که بحث‌های ایجاد شغل، اشتغال و یا سازمان‌های دانش بنیان یا نوگرا، همه ریشه در کارآفرینی دارد و به صورت یک زنجیره متصل به هم است. با مطرح کردن مباحث کارآفرینی در دانشگاه‌ها هم نتیجه مطلوب را دریافت نکردند و متوجه شدند که کارآفرینی را نمی‌توان در دانشگاه‌ها به افراد منتقل نمود. بنابراین تصمیم گرفتند از خود کارآفرینان برای کارآفرینی استفاده کنند، به این صورت که یک کارآفرین بتواند به چندین شرکت دیگر وارد شود و فرهنگ کارآفرینی را به افراد دیگر منتقل کند و خودش نیز در آن شرکت‌ها سهمی داشته باشد و افراد هم بتوانند از تجربیات آن کارآفرین استفاده کنند.

گروه بنیان الکترونیک در این زمینه هم‌اکنون با پارک علم و فناوری همکاری دارد و جلسه‌هایی بین کارآفرینان موفق و شرکت‌های موفق که در پارک هستند برگزار می‌شود تا زمینه‌های لازم برای انتقال تجربیات فراهم شود و فرهنگ این نوع مشارکت در جامعه علمی و صنعتی شکل بگیرد و افراد ایده‌پرداز جدید و کارآفرینان قدیمی مشارکت نمایند و از این طریق به رشد و توسعه بیشتر شرکت‌ها کمک شود.

گروه بنیان الکترونیک در این زمینه هم‌اکنون با پارک علم و فناوری همکاری دارد و جلسه‌هایی بین کارآفرینان موفق و شرکت‌های موفق که در پارک هستند برگزار می‌شود تا زمینه‌های لازم برای انتقال تجربیات فراهم شود و فرهنگ این نوع مشارکت در جامعه علمی و صنعتی شکل بگیرد و افراد ایده‌پرداز جدید و کارآفرینان قدیمی مشارکت نمایند و از این طریق به رشد و توسعه بیشتر شرکت‌ها کمک شود.

● یعنی اعتقاد دارید کارآفرینی از طریق آموزش دادن قابل انتقال نیست؟

○ بله به این اعتقاد دارم که کارآفرینی قابل آموزش دادن نیست و کارآفرینی یک مسئله درونی است و در بحثی که مطرح شد ما می‌خواهیم از کارآفرینان موفق به عنوان کاتالیزور استفاده کنیم و موارد کارآفرینی را بررسی کنیم، نه ایجاد کارآفرینی را. به عنوان مثال افراد کارآفرینی وجود دارند که در حال تجربه کردن دوباره ی تجربه ۲۰ ساله گروه بنیان الکترونیک هستند. ما ۲۰ سال طول کشیده‌است تا به این نقطه برسیم و باید این تجربه به گروهی منتقل شود تا این مسیر را به جای ۲۰ سال در ۳ الی ۴ سال طی کنند و به محصولات متنوع‌تری نیز دست پیدا کنند.

از طرف دیگر آستانه تحمل افراد متفاوت است و ممکن است طولانی شدن روند توسعه باعث خستگی افراد شود اما با یک مشارکت برنده – برنده درصد موفقیت‌ها افزایش می‌یابد و مسیر توسعه کوتاه‌تر می‌شود. ایده و دانش به تنهایی کارگشا نیست و تجربه و کسب تجربه نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. ما در گروه بنیان الکترونیک حدود ۱۴ فرآیند مختلف داریم که برای شکل‌گیری صحیح هر یک ۲ تا ۳ سال زمان صرف شده است و شاید در شروع کار فکر نمی‌کردیم برای تبدیل دانش به محصول و ثروت راهی بس طولانی و طاقت‌فرسا را باید طی نمود. بر این اساس اعتقاد داریم ایجاد یک فضای مناسب برای آگاهی دادن به کسانی که در شروع راه هستند، در رسیدن به نتیجه نهایی بسیار موثر خواهد بود و ما برای این کار پارک علم و فناوری را انتخاب کرده‌ایم، افرادی که در آنجا حضور دارند تا حدودی برگزیده هستند و جوهره کارآفرینی بیشتری دارند.

● در حال حاضر بنیان الکترونیک بر تولید چه محصولاتی تمرکز دارد و از نظر منابع انسانی در چه وضعیتی به سر می‌برد؟

○ حوزه کاری گروه بنیان الکترونیک در حال حاضر مبدل‌های انرژی است که بر اساس دانش الکترونیک و الکترونیک قدرت استوار است و کارهای طراحی و ساخت انواع مبدل‌های انرژی را در حوزه‌های مختلف به انجام می‌رساند و بخش اساسی و مهم آن که سال‌ها در خط تولید قرار دارد و توانسته است با استفاده از این دانش محصولات خوبی را تولید و به بازار عرضه کند، مبدل‌های مورد نیاز در صنعت مخابرات است که مبدل‌های AC به DC به صورت منبع تغذیه کامل تولید می‌شوند و در حدود ۸۰ درصد از نیاز بازار مخابرات کشور را در اختیار داریم. ایرانسل، همراه اول، رایتل و مخابرات زیر ساخت از مشتریان اصلی بنیان الکترونیک در این بخش هستند.

در حوزه صنعت برق هم مبدل‌های AC به AC برای توربین‌های بادی و کانورترهای بادی تا ۱۰۰ کیلووات طراحی و ساخته شده است و بنیان الکترونیک به عنوان نخستین تولید کننده این تجهیزات در ایران و منطقه شناخته شده است. اینورترهای خورشیدی نیز از جمله محصولاتی است که در بخش تحقیق و توسعه شرکت مراحل پایانی خود را می‌گذراند.

● آیا تمام این فعالیت‌ها در قالب یک مجموعه صورت می‌گیرد؟

○ خیر. در گروه بنیان، مجموعه‌های مختلفی با ماموریت‌های متفاوت در راستای یک هدف فعالیت دارند. بنیان فلز، در بخش تولید بدنه‌های فلزی محصولات فعالیت دارد، بنیان الکترونیک، طراحی و ساخت تجهیزات و قسمت‌های الکترونیکی را بر عهده دارد و بنیان باتری باتری‌های صنعتی مورد نیاز در صنعت مخابرات و منابع تغذیه را تولید می‌نماید. یک بخش از کارهای پژوهشی در پارک علم و فناوری خراسان است و بخش دیگر در پژوهشکده هواخورشید دانشگاه فردوسی روی بخش کانورترهای بادی فعالیت دارد. گروه بنیان با سابقه‌ای ۲۰ ساله در صنعت حضور دارد که ابتدا به عنوان یک شرکت تحقیقاتی فعالیت داشته و پس از آن به یک شرکت تولیدی تبدیل شده است و بعد به صورت یک گروه به فعالیت خود ادامه داده‌است و در حال حاضر دارای ۲۷۰ نفر پرسنل در بخش‌های مختلف است که ۳۰ نفر در بخش تحقیقاتی شرکت مشغول به کار هستند و حضور بیش از ۶۰ نفر مهندس برق و الکترونیک گروه بنیان را به یک سازمان دانش‌بنیان تبدیل نموده است تا با ایده‌های جدید و نوآوری بتواند محصولاتی را مطابق نیاز روز بازار تولید نماید.

● از نظر شما یک شرکت دانش‌بنیان چه ویژگی‌هایی دارد؟

○ بحث‌های زیادی در این زمینه مطرح است به عنوان مثال در گذشته هم به شرکتی که چند قطعه محدود را تبدیل به محصول می‌نمود، شرکت تولیدی گفته می‌شد و هم شرکتی که بخش‌هایی از یک محصول را طراحی و تولید می‌نمود، شرکت تولیدی خوانده می‌شد اما بعدها برای شرکت‌های تولیدی وجود بخش تحقیق و توسعه الزامی شد اما باز هم تحقیق و توسعه به درستی تعریف نشد. زمانی هم شرکت‌های تحقیقاتی شکل گرفتند که خروجی و محصول آن‌ها طرح‌هایی بود که برای تولید مناسب باشند. در حقیقت یک شرکت دانش‌بنیان ترکیبی از مجموعه‌های طراحی، تولیدی و صنعتی است که محصولی را در خروجی برای برطرف نمودن نیاز مشتری بر اساس دانش و به‌کارگیری دانش تولید نماید و در درون خود دارای چند حلقه از زنجیره ارزش باشد. ایجاد دانش یا به‌کارگیری دانش یکی از این حلقه‌ها است و حلقه بعدی استفاده از دانش و تبدیل ایده‌ها به اختراع



و تولید نمونه‌های جدید است، که در حلقه بعدی با استفاده از ایده و دانش تولید و تکثیر و با روش‌های مقرون به صرفه تجاری سازی می‌شود و بعد از آن حلقه‌ای برای ارایه خوب محصول و جذب و جلب مشتری است. یعنی در واقع حلقه از چرخه و زنجیره دانش شروع می‌شود و به رضایت‌مندی و برطرف نمودن نیاز مشتری پایان می‌یابد و یک شرکت دانش بنیان تمام این زنجیره را در خود دارد و اگر فقط بخش‌هایی از آن را داشته باشد نمی‌توان به آن دانش‌بنیان گفت.

● و چه نقشی در پیشرفت‌های صنعتی کشور می‌تواند ایفا می‌کند؟

○ شرکت‌های به اصطلاح دانش‌بنیان زمانی مطرح شدند که سیاست بر این بود تا به جای حمایت از شرکت‌های تولیدی و مونتاژ از شرکت‌هایی حمایت شود که با تکیه بر دانش داخلی به تولید محصول می‌پردازند و در نوآوری نقش دارند و نه شرکت‌هایی که با تکیه بر سرمایه اقدام به خرید ماشین‌آلات دست دوم که عمر فناوری آنان پایان یافته است نموده و با استفاده از چند نفر نیروی کار مواد یا محصولاتی را تولید و ارزش افزوده‌ای نیز ایجاد می‌کردند و سهم دانش در این ارزش افزوده بسیار کم بود. اما واضح است که ارزش افزوده‌ای که از دانش ایجاد می‌شود بسیار بالاتر است و از بهره‌وری بالاتری برخوردار است و اگر بخواهیم نتایج بزرگ‌تری از سرمایه‌گذاری‌های انجام شده حاصل شود باید به سمتی حرکت کنیم که با ایجاد حلقه‌های زنجیره ارزش و سرمایه‌گذاری کمی که در زمینه دانش انجام می‌شود، با استفاده از یک سیستم مدیریتی خوب دانش به ثروت تبدیل شود. در واقع در شرکت‌های دانش‌بنیان به این سوال که علم بهتر است یا ثروت به نحو مطلوبی پاسخ داده می‌شود که علمی که به ثروت منتهی می‌شود و ثروتی که از دانش ایجاد می‌شود خوب است و شرکت دانش بنیان این دو را به هم وصل می‌کند.

یک شرکت دانش بنیان نه به صورت اتفاقی و در یک محصول خاص بلکه به صورت ریشه‌ای و در محصولات متفاوت با نوآوری و پیروی از یک مدل خاص و شناخته شده در شرایط مختلف اقتصاد کشور می‌تواند باعث شکوفایی در زمینه‌ی فعالیت خود بشود. در واقع کسب ثروت در یک شرکت دانش بنیان بر اساس تغییرات نرخ ارز و تحریم و بستن مرزها بر روی محصولات نیست.

● اگر ممکن است به چشم‌اندازهای آینده گروه نیان هم اشاره‌ای داشته باشید.

○ تعدادی از چشم‌اندازهای گروه نیان در صحبت‌های قبلی مطرح شد اما به هر صورت بحث سرمایه‌گذاری و توسعه شرکت‌های نوپایی که در زمینه الکترونیک فعالیت دارند یکی از اهداف نیان است که با همکاری پارک علم و فناوری سعی داریم برنامه‌ها را به جلو ببریم. در زمینه مبدل‌های انرژی هم که از گذشته در زمینه مخابرات فعال بوده‌ایم، کار را به صنایع دیگر و بخش‌های مختلف صنعت برق مانند نیروگاه‌های بادی و خورشیدی گسترش داده و فکر ادامه برنامه‌ها در این زمینه هستیم و ساخت یک مبدل ۲ مگاواتی در دستور کار شرکت قرار دارد و در حوزه‌های مربوط به بقیه مبدل‌های انرژی در سایر قسمت‌ها برنامه‌هایی در دست اجرا داریم که به ایجاد صنایع جدید و تاسیس واحدهای صنعتی جدید منجر خواهد شد.

گروه نیان در حوزه جغرافیایی هم برنامه‌های صادرات را در آینده با جدیت بیشتری پیگیری خواهد نمود و در حال حاضر با اپراتورهای منطقه در کشورهای خارجی فعالیت‌های خوبی داشته‌ایم و به عنوان نمونه مجوز کار را از اتصالات در ۱۷ کشور دریافت کرده‌ایم. با اپراتورهای

کشورهای حوزه روسیه و مشترک‌المنافع قرار است همکاری‌های آغاز شود که بر این اساس در حال دریافت تاییدیه‌های لازم هستیم و در حوزه فعالیت‌های خارجی کارهای زیادی انجام داده‌ایم و با شرکت‌هایی مشارکت نموده‌ایم و برنامه‌هایی برای افزایش تولید بر مبنای صادرات و کاهش قیمت محصولات در دستور کار داریم.

یکی از مزیت‌های رقابتی ما در منطقه حوزه خدمات فنی و مهندسی در زمینه نصب، راه‌اندازی و خدمات پس از فروش به مشتریان است که در کشورهای که فعالیت داریم خیلی به ما کمک نموده است و بر همین اساس این خدمات را رشد داده‌ایم و در پی یافتن بازارها و مشتریان جدید هستیم.

● به اعتقاد شما در حال حاضر در زمینه تحقیق و پژوهش جامعه با چه مشکلاتی روبه‌رو است؟

○ یکی از مهم‌ترین توانمندی‌های افراد، توان تحقیق است که باید هم در دانشگاه به آن توجه شود و هم در صنعت مورد توجه قرار گیرد و متأسفانه در حال حاضر خیلی مورد توجه نیست. متأسفانه در بسیاری موارد، اگر یک پروژه تحقیقاتی در قالب ترجمه یا گردآوری به دانشجو واگذار می‌شود، مراکز ترجمه یا کافی‌نت‌ها به جای دانشجو کار را انجام می‌دهند. یا در صنعت اگر کاری به یک کارشناس یا مهندس واگذار می‌شود، به هرآنچه گفته شده است و فقط برای رفع تکلیف عمل می‌شود و انگیزه‌های تحقیقاتی در آن بسیار کم‌رنگ است. در صورتی که یک مهندس نیاز دارد که علم خودش را به‌روز نگاه دارد و در مورد آن چه می‌خواهد انجام دهد اطلاعات کافی کسب نماید، منابع معتبر را از منابع نامعتبر تشخیص دهد و روش‌های تحقیق را یاد بگیرد خیلی تلخ است اینترنت که باید به عنوان یک ابزار پیشرفت مورد استفاده قرار گیرد به ابزاری برای تلف کردن وقت و فرصت تبدیل شده است و ما بدون این که به اعتبار علمی مطالب درج شده در صفحات وب یا مطالب ارسال شده به پست الکترونیک توجه کنیم آن‌ها را قبول و منتشر می‌کنیم و درست در نقطه مقابل توانمندی تحقیقاتی که ساده‌لوحی و خوشبینی کاذب است قرار گرفته‌ایم و چون پذیرش مطالب در اینترنت زیاد شده‌است، انگیزه‌های افراد هم برای گفتن مطالب زیاد شده است تا بتوانند خودشان را مطرح کنند. باید فرهنگ کتاب‌خوانی را در جامعه مهندسان گسترش دهیم، کتاب‌خوانی فرد را به جای سطحی نگری به سمت واقعیت نگری و ژرف‌نگری سوق می‌دهد.

Designer & Manufacturer of Power Conversion Systems



- Supporting MCI technical certificate
- Space management: Integrated Battery, Rectifier & DC Cabinets
- Cost-effective
- Advanced & Intelligent Battery management
- Phase shift technology
- Main control unit
- Data logging
- Custom design



Designer & Manufacturer of Power Conversion Systems



Customer Orientation

knowledge Base

Latest Technology

ON-GRID BACK-TO-BACK WIND TURBIN CONVERTER

- The Latest Full Power Conversion Technology
- IGBT Technology
- Active & Reactive Power Control
- Remote Monitoring Systems
- Full Generator Control
- Full Grid Control
- Maximum Power Point Tracking
- Maximum Annual Energy
- Anti-Islanding Detection
- On-Shore & Off-Shore Application
- Cost Effective

