

همراه یادگست +

PEAK

شماره دهم - زمستان ۱۳۹۹

نشریه سازمان علمی دانشجویی مهندسی برق ایران



جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



تاسیس ۱۳۷۷
سازمان علمی دانشجویی مهندسی برق کشور
اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق

در انجمن های مهندسی برق چه می گذرد؟

خلاصه ای از پرنگ ترین
فعالیت های انجام شده
توسط انجمن های علمی
دانشجویی مهندسی برق کشور

مروری بر روند طراحی خودرو های هوشمند

هر آنچه که باید در رابطه
با خودروهای هوشمند و
چگونگی و نحوه ی
عملکرد آن ها بدانید

دانستی های مهندسی برق

جدال میان نبوغ تسلا
و ایلان ماسک

زنان پیشگام در مهندسی

مصاحبه با سرکار خانم دکتر
مریم طایفه محمودی رئیس
کمیته wie در ایران

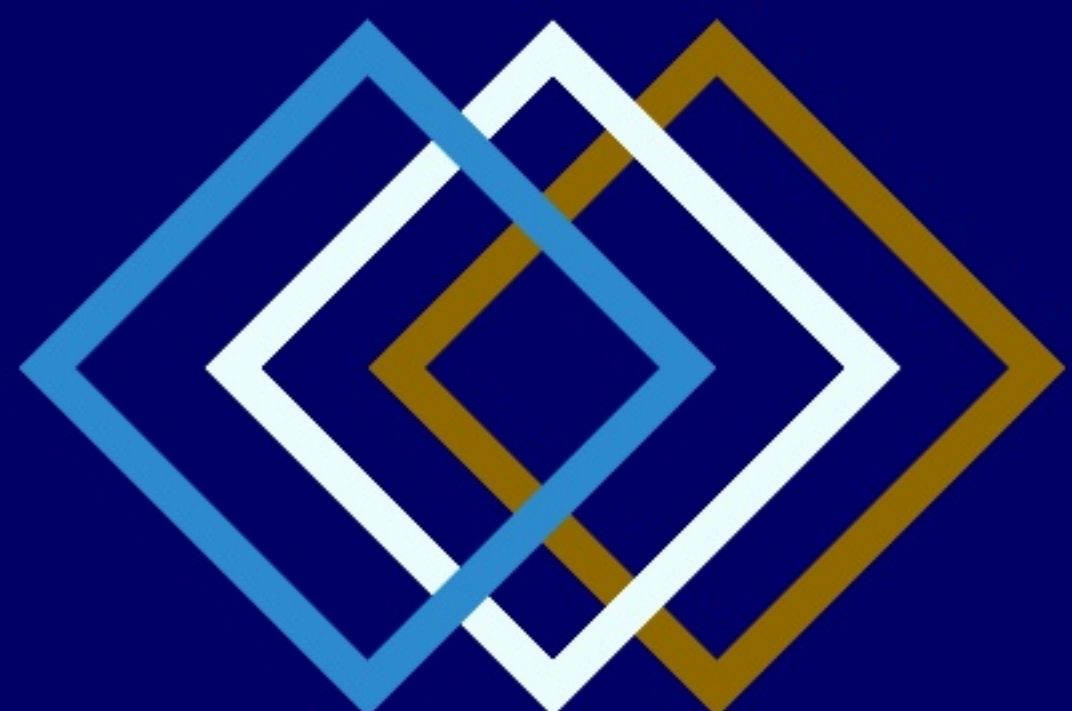


امام صادق (سلام الله عليه)

لَسْتُ أَحِبُّ أَنْ أَرَى الشَّابَّ مِنْكُمْ إِلَّا غَادِيًا فِي حَالِي: إِمَّا عَالِمًا أَوْ مُتَعَلِّمًا.

دوست ندارم جوانی از شما [شبعیان] را جز بر دو گونه بینم: دانشمند یا دانشجو.

(امالی طوسی ص ۳۰۳)



شناسه نشریه



نام: گاهنامه علمی تخصصی "پیک"

صاحب امتیاز: اتحادیه انجمن‌های علمی

دانشجویی مهندسی برق ایران

مدیر مسئول: احسان سلیمانی

سر دبیر: روشنگ مرادی غریبوند

ویراستاران علمی: بهنام درزی رامندی، بشیر فعله‌گری

طراح جلد و پشت جلد: محمد کلائی

عکاس جلد و پشت جلد: بهادر هادی‌زاده

هیئت تحریریه

دکتر حسن مرادی چشمه بیگی - مهندس احسان گرمی - مهندس بشیر فعله‌گری - مهندس بهنام درزی رامندی - مهندس سید محمدرضا مرتضوی - مهندس نازیلا احمدی دریاکناری - مهندس محمد امین قاسمی - سید محمد ابطحی - روشنگ مرادی غریبوند - انناز فیروزمند - سینا بنی‌اسد آزاد

طراحان

ابوالفضل زمانی - محمد کلائی - نیما میرزایی راد - پریناز معینی - روشنگ مرادی غریبوند - سید محمد ابطحی

باتشکر از: دکتر کمیل یزدانی - مهندس نازنین احمدی دریاکناری - شقایق مرادی غریبوند - مهندس رضا طاحونی - محمد امین واهب - فاطمه کبیری - محمد حسین طاهری، اعضای محترم اتحادیه علمی دانشجویی مهندسی برق ایران و تمامی عزیزانی که ما را در این مجموعه یاری کردند.

تمامی حق این اثر برای سازمان علمی دانشجویی مهندسی برق ایران محفوظ است

۱ ----- شناسه نشریه

۲ ----- فهرست

۳ ----- سخن سردبیر

۴ ----- **بخش مقالات**

ترکیب فازورهای دینامیک، مدل‌های منطقی و کاهش مرتبه به منظور انجام آنالیز حالات

۵ ----- گذرا در محیط هارمونیک در حوزه فرکانس

۱۴ ----- مروری بر ساختار کنترلی ریزشبکه‌ها

۱۹ ----- مروری بر روند طراحی خودروهای هوشمند

طرح کنترل مبتنی بر EMG با طبقه بند SVM

۲۵ ----- برای بازو کمکی ربات

۳۰ ----- مروری بر روش‌های بهبود تصاویر زیر آب

۳۵ ----- اصول طراحی تقویت کننده کم نویز مبتنی بر فناوری CMOS

۳۸ ----- **بخش عمومی**

۳۹ ----- دانستنی‌ها

۴۴ ----- زنان پیشگام در مهندسی

۵۱ ----- جعبه ابزار

۵۵ ----- در انجمن‌های مهندسی برق چه میگذرد؟

سخن سردبیر



روشنک مرادی
غریبوند

به نام خداوند لوح و قلم حقیقت نگار وجود و عدم

خشودم که به واسطه‌ی لطافت کلمات می‌توانم چند سطر از هندسه‌ی اندیشه‌ی ما را روی کاغذ سفید رسم کنم. وارثان بر صفحات مجله‌ی پیش رو
کردیم آمد تا چه نقش‌ها که به بال فهم اندازند.

کوش جان می‌بارم به سمفونی ایران؛ که پدر، مایه‌ور در جان دلکش میدو و مادر، شور، این مسبب روحی است که از بهر آهنگ وطن در پیکر
مسکن گزیده. حق شناس تمامی دست اندرکاران خلق شماره دهم نشریه‌ی پیک هستم زیرا از کلام، بدور از توقع دقتی ساختند سطر سطرش

مهر، که جان می‌خشد به امید وجود انسانیت، بی بیج چشم داشتی قلم زدند نقره‌ی اندیشه را و چه هنرمند هم ولایتی‌های استاد فرشیان!
در پایان؛ قدردان نگاه نازنین شما هستم، که در روزگار خشکالی آگاهی، در پی نجات اندیشه‌های دست جست جو میکنید بذر سالم کلمات را،

کشت میدید در زمین راستی و با سنگیابی میگذارید بذر همتان ریشه‌های استوار به وجود آورند در جهان تفکرات بی ریشه، میدانم دیر میسینند
ساقه‌های ادراکتان را ولی شما جاودان شوید و شما اعتبار می‌بخشد خاک حاصلخیز ایران را...



روشنک مرادی غریبوند
آذرماه ۱۳۹۹

طراحان :

نیما میرزایی راد - پریناز معینی
ابوفاضل زمانی - روشنگ مرادی
سید محمد ابطحی - محمد کلائی

بخش اول

مقالات

علمی تخصصی

با توجه به اینکه رویکرد اتحادیه در انتشار نشریه علمی تخصصی پیک، استفاده از دانش بومی و توانمندی‌های دانشجویان و متخصصان مهندسی برق سراسر کشور است، بدین وسیله از شما فرهیختگان عزیز در زمینه ارائه مقالات و مطالب علمی جهت همکاری و انتشار در این مجله دعوت به عمل می‌آید.

اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق ایران از طریق پست الکترونیک زیر آماده دریافت مطالب شما بزرگواران است.

peakmagazine10@gmail.com

مطالب برگزیده جهت انتشار در این شماره از نشریه پیک در دو دسته بندی کلی قرار گرفته‌اند تا به تناسب استفاده مخاطبان عزیز، مورد توجه قرار گیرند.

در قسمت اول، که به مقالات علمی تخصصی اختصاص یافته است، ۶ مقاله برگزیده انتخاب گردیده‌اند.

شرح موضوعات این مقالات به صورت زیر است:

۱. **مقاله اول**، که در حوزه‌ی قدرت نوشته شده است؛ به مبحث ترکیب فازورهای دینامی، مدل‌های منطقی و کاهش مرتبه به منظور انجام آنالیز حالات گذرا در محیط هارمونیک در حوزه‌ی فرکانس می‌پردازد.

۲. در **مقاله دوم**، که ترکیبی از قدرت و کنترل است، ابتدا اجزای اصلی یک ریز شبکه به صورت مختصر مورد بحث قرار می‌گیرند سپس به بیان کنترل سلسله مراتبی پرداخته می‌شود و در آخر یک ریز شبکه‌آزمون مورد بحث قرار می‌گیرد.

۳. اما **مقاله سوم** در حوزه‌ی کنترل و برای علاقه مندان به خودروهای هوشمند بسیار مفید خواهد بود، چرا که در این مقاله با مروری بر بخش‌های مهم در لایه طراحی این سیستم‌ها و آشنایی با برخی روش‌های معمول به کار رفته در آن‌ها، هر آنچه لازم است در رابطه با خودروهای هوشمند بدانیم را خواهیم آموخت.

۴. در **چهارمین مقاله** که فصل مشترک برق و مهندسی پزشکی است، با یکی از چالش‌های اصلی در حوزه‌ی بازوی کمکی ربات روبه‌رو خواهیم شد و به دنبال یک روش کنترل مناسب و با دقت بالا برای دستیابی به عملکردی مانند بدن انسان خواهیم بود.

۵. **مقاله پنجم** که در رابطه هوش مصنوعی است؛ روش‌های مختلف بهبود تصاویر زیر آب مانند فیلتر گاوسی دو مرحله‌ای، کانال تاریک پیشین و اصلاح گاما را مورد بررسی قرار می‌دهد.

۶. در پایان با **مقاله‌ی شماره شش** که در حوزه‌ی الکترونیک است و به بحث پیرامون تقویت کننده کم‌نویز مبتنی بر فناوری CMOS و اصول طراحی آن می‌پردازد، این بخش را به اتمام خواهیم رساند.

همانطور که ملاحظه می‌گردد مقالات در زمینه‌های مختلف مهندسی برق گزینش شده‌اند. امید است این گستردگی مورد توجه و علاقه‌ی شما عزیزان قرار گیرد.

۱. احسان کرمی

دانشجوی دکترا مهندسی برق
گرایش قدرت، دانشگاه صنعتی شریف

۲. حسن مرادی

استاد، دانشگاه رازی

چکیده

به منظور آنالیز دقیق سیستم در شرایط گذرا، در نظریه پارامترهای وابسته به فرکانس و چگونگی تغییرات آنها بر حسب فرکانس بسیار حائز اهمیت بوده و نتایج تحلیل را شدیداً تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این مقاله، از مدل‌های منطقی به منظور توصیف ماتریس ادمیتانس وابسته به فرکانس از دیدگاه ترمینال‌های مورد مطالعه با هدف انجام آنالیز گره برای انجام مطالعات گذرا در حوزه فرکانس استفاده می‌گردد. سپس این مدل‌های حاصل از اندازه‌گیری و یا شبیه‌سازی، به کمک روش تطبیق بردار به مدل قطب - باقیمانده تبدیل شده و نهایتاً به کمک روش فازورهای دینامیک در حوزه فرکانس به منظور انجام آنالیز حالت گذرا با در نظر گرفتن آلودگی هارمونیک مورد بررسی قرار می‌گیرند. در این مقاله، به منظور در نظرگیری آلودگی هارمونیک در شرایط گذرا، بسط سری فوریه در نمایش فازورهای دینامیک در بردارنده سطح DC، مؤلفه اصلی و همچنین سایر مرتبه‌های بالاتر هارمونیک می‌باشد. با توجه به معادلات حاصل در مقاله، می‌توان مشاهده نمود که مرتبه سیستم می‌تواند بالا رفته و روند شبیه‌سازی را تا حد قابل توجهی کند نماید. در نتیجه، از روش کاهش مرتبه، به منظور حذف متغیرهای با انرژی کمتر در خروجی با تعریف خطای مشخص، استفاده می‌شود. واژگان کلیدی: آنالیز حوزه زمان، آنالیز حوزه فرکانس، حالت گذرا، فازورهای دینامیک، مدل‌های منطقی، کاهش مرتبه

در صورتی که هدف

تحلیل سیستم، بررسی پاسخ‌های

گذرا در حوزه زمان باشد، می‌توان نمایش

قطب-باقیمانده حاصل از روش تطبیق بردار را به نمایش فضای حالت تبدیل نمود. در حوزه فرکانس امکان بررسی وابستگی تجهیزات به فرکانس همچون اثر پوستی با دقت بسیار بالا وجود دارد. سرعت تحلیل در این حوزه بسیار بالا بوده و جهت برآورده سازی حدود ۹۵ درصد از نیازهای فنی کافی است. آنالیز هارمونیک با مدل‌سازی منابع تولید هارمونیک به صورت منابع جریان و تزریق آنها به شین‌های متناظر در فرکانس مربوطه صورت می‌گیرد. یکی از روش‌های مبتنی بر فرکانس برای تحلیل سیستم‌های قدرت فازورهای دینامیک می‌باشد که به صورت گسترده‌ای به منظور مدل‌سازی عناصر سیستم‌های قدرت همچون ماشین‌های الکتریکی [۱۰] و ادوات FACTS [۱۱]، آنالیز دینامیک و خطا در شبکه قدرت [۱۲-۱۳]، رزونانس زیر سنکرون [۱۴]، تحلیل سیستم‌های توزیع نامتعادل [۱۵] و آنالیز سیستم‌های HVDC [۱۶] مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به رشد روز افزون منابع تولید هارمونیک در شبکه‌های قدرت، لازم است که اثرات آنها در مطالعات مختلف به ویژه مطالعات مبتنی بر فرکانس دیده شود [۱۷]. مروری بر منابعی که از فازورهای دینامیک استفاده می‌کنند نشان می‌دهد که عموماً با فرض کم بودن میزان آلودگی هارمونیک در مقایسه با مؤلفه اصلی، از اثرات هارمونیک‌ها صرف نظر می‌شود. با این وجود می‌توان از روش توسعه یافته فازورهای دینامیک به نام حوزه هارمونیک توسعه یافته که شامل هارمونیک‌ها تا مرتبه مورد نیاز (با توجه به بالاترین مرتبه هارمونیک موجود در شبکه) هستند، استفاده نمود [۱۸]. از نمایش حوزه هارمونیک (مطالعات حالت ماندگار) و حوزه هارمونیک توسعه‌یافته (مطالعات حالت گذرا) جهت مدل‌سازی تعدادی از تجهیزات سیستم قدرت همچون بانک ترانسفورماتوری [۱۹]، ادوات الکترونیک قدرت [۲۰] و ژنراتورهای سنکرون [۲۱] استفاده شده است. تابع کلید زنی در [۲۲] به کار رفته که می‌تواند در حوزه هارمونیک توسعه یافته به منظور مدل‌سازی ادوات الکترونیک قدرت استفاده شود. کاربرد حوزه هارمونیک توسعه‌یافته در تحلیل پایداری گذرا در شرایط هارمونیک [۲۳]، اثر شیفت فاز منبع ورودی بر طیف هارمونیک در حالت گذرا [۲۴]، بررسی اضافه ولتاژهای بلند مدت در زمان برق‌دار نمودن همزمان بانک خازنی و ترانسفورماتور [۲۵]،

مقدمه

مدل سازی مناسب پارامترهای وابسته به فرکانس تجهیزات سیستم قدرت در آنالیز حالات گذرای شبکه بسیار با اهمیت بوده که این وابستگی می‌تواند با استفاده از توابع منطقی توصیف گردد. این مدل‌ها می‌توانند به منظور مدل‌سازی از دیدگاه ترمینال به کار برده شوند که در آن بررسی پارامترهای شبکه از دیدگاه ترمینال‌های خارجی خروجی مطلوب می‌باشد [۱]. با هدف مشخص نمودن رابطه بین ولتاژ و جریان در ترمینال‌های مورد نظر و همچنین تحلیل سیستم به کمک آنالیز گره، می‌توان از ماتریس ادمیتانس استفاده نمود که قابلیت پیاده‌سازی در نرم‌افزارهای آنالیز حالت گذرا را نیز دارند [۲-۳]. مروری بر منابع موجود در این زمینه مشخص می‌کند که به منظور تقریب مدل‌های منطقی در بازه فرکانسی مطلوب در کنار فراهم نمودن الزامات فیزیکی مانند تقارن و پایداری، روش‌های ریاضی مختلفی ارائه شده‌اند [۴-۹]. روش تطبیق بردار یک روش بسیار مناسب به ویژه برای در نظرگیری پاسخ‌های فرکانسی با پیک‌های رزونانسی است [۹].

که در این رابطه h بالاترین مرتبه هارمونیک است. توابع G و X به ترتیب برابر

$$G = \begin{bmatrix} e^{jh\omega_0 t} & \dots & e^{j\omega_0 t} & 1 & e^{j\omega_0 t} & \dots & e^{jh\omega_0 t} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$X = \begin{bmatrix} X_{-h}(t) & \dots & X_{-1}(t) & X_0(t) & X_1(t) & \dots & X_h(t) \end{bmatrix} \quad (7)$$

می‌باشند.

برای بررسی رفتار دینامیک بر حسب زمان، بایستی تغییرات تابع بر حسب زمان محاسبه شود. با مشتق‌گیری از رابطه (5) رابطه زیر حاصل می‌شود [۱۹].

$$\dot{x}(t) = \frac{dG^T(t)}{d\tau} X(t) + G^T(t) \frac{dX(t)}{d\tau} \quad (8)$$

مشتق عملگر G را می‌توان به صورت زیر نمایش داد.

$$\dot{G}^T(t) = G^T(t) D_h(jh\omega_0) \quad (9)$$

که در آن ماتریس D_h دارای آرایشی قطری به صورت زیر است.

$$D_h(jh\omega_0) = \begin{bmatrix} -jh\omega_0 & & & & & & \\ & \ddots & & & & & \\ & & -j\omega_0 & & & & \\ & & & 0 & & & \\ & & & & j\omega_0 & & \\ & & & & & \ddots & \\ & & & & & & -jh\omega_0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

حاصل ضرب دو تابع به کمک رابطه (۱۱) در حوزه هارمونیک توسعه یافته بر حسب عملگر G داده می‌شود [۲۳].

$$a(t)x(t) = G^T(t) A_h X(t) \quad (11)$$

که در آن توابع $a(t)$ و $x(t)$ دوره تناوب T_0 دارند. در رابطه (۱۱)، ماتریس $[A_h]$ دارای ساختار قطری بوده و از محتوای هارمونیک $a(t)$ تشکیل می‌گردد. از روابط فوق مشخص است که توابع متغیر با زمان در حوزه هارمونیک توسعه یافته به ماتریس‌هایی که دارای عناصر ثابت‌اند تبدیل خواهند شد که در پیاده‌سازی‌های کامپیوتری روند تحلیل را افزایش خواهد داد. روابط فوق اساس انتقال معادلات حوزه زمان به حوزه هارمونیک توسعه یافته را فراهم می‌سازند.

۱-۳- معادلات حالت در حوزه هارمونیک توسعه یافته

رابطه (۱۲) حالت کلی یک سیستم را در حوزه زمان نمایش می‌دهد.

$$\dot{x}(t) = a(t)x(t) + b(t)u(t) \quad (12)$$

$$y(t) = c(t)x(t) + e(t)u(t)$$

که در آن توابع $a(t)$ ، $b(t)$ ، $c(t)$ و $e(t)$ دوره تناوب T_0 دارند. تنها شرط استفاده از حوزه هارمونیک توسعه یافته متناوب بودن توابع ذکر شده با دوره تناوب T_0 می‌باشد که در این صورت تابع $x(t)$ نیز با دوره تناوب T_0 متناوب خواهد بود.

$$G^T [D_h] \dot{X} + G^T X = G^T [A_h] X + G^T [B_h] U \quad (13)$$

$$G^T Y = G^T [C_h] X + G^T [E_h] U$$

با حذف عملگر G از طرفین رابطه فوق، فرم ساده شده معادلات حالت در حوزه هارمونیک توسعه یافته به صورت نمایش داده شده در رابطه (۱۳) حاصل می‌گردد [۲۳]. عملگر G پس از انجام محاسبات در حوزه فرکانس به منظور مشاهده پاسخ حوزه زمان براساس رابطه (۵) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مدلسازی سیستم‌های HVDC مبتنی بر مبدل

منبع ولتاژ [۲۶]، مدلسازی تک‌فاز عناصر سیستم قدرت در شرایط گذرا در [۲۷] و آنالیز سیستم در شرایط هارمونیک به کمک شبکه‌های توالی در [۲۸] ارائه شده است. بررسی منابع موجود نشان می‌دهد که رفتارهای مبتنی بر فرکانس سیستم قدرت به کمک حوزه هارمونیک توسعه یافته، تاکنون به صورت کلی در نظر گرفته نشده و در تحلیل‌های ارائه شده از نمایش مداری عناصر سیستم قدرت استفاده شده است که مناسب برای مطالعات گذرا نبوده و برای انجام مطالعات دینامیک مناسب است. در این مقاله جزئیات کامل برقراری ارتباط بین روش تطبیق بردار و روش حوزه هارمونیک توسعه یافته با هدف در نظرگیری کامل پارامترهای وابسته به فرکانس در تحلیل حالات گذرا در حوزه فرکانس ارائه خواهد شد. همچنین، نشان داده خواهد شد که در حالت کلی ممکن است مرتبه سیستم بالا رفته و به منظور بهره بردن از ویژگی‌های مناسب روش پیشنهادی، استفاده از روش کاهش مرتبه به ویژه در شرایطی که تعداد قطب‌های مورد نیاز به منظور تقریب پاسخ فرکانسی قابل توجه باشد، ضروری است.

۲- تطبیق بردار
هدف از تطبیق بردار تقریب پاسخ فرکانسی حاصل از نتایج اندازه‌گیری و یا شبیه‌سازی شده به صورت زیر است.

$$f(s) = \sum_{m=1}^N \left(\frac{r_m}{s - a_m} \right) + d + se \quad (1)$$

که در این معادله، مقادیر d و e اختیاری هستند. ضرایب مجهول به گونه‌ای محاسبه می‌شوند که فاصله حداقل مربعات بین $f(s)$ و اطلاعات مرجع که در یک روند تکراری مبتنی بر جایگزینی قطب‌های اولیه با قطب‌های جابه‌جا شده محاسبه می‌شود، حاصل شود [۱۰]. رابطه (۱) می‌تواند به صورت زیر بازنویسی شود:

$$f(s) = C(sI - A)^{-1} B + d + se \quad (2)$$

در این رابطه، ماتریس‌های A (قطری)، B (بردار ستونی) تشکیل شده از (1) و C (ماتریس کامل) ثابت هستند.

۳- حوزه هارمونیک توسعه یافته

اساس تحلیل به کمک روش حوزه هارمونیک توسعه یافته بر مبنای بسط سری فوریه توابع تا مرتبه مورد نیاز جهت رسیدن به دقت کافی است. تابع متناوب $x(\tau)$ با دوره تناوب T_0 که به صورت سری فوریه نوشته شده است را در نظر بگیرید.

$$x(\tau) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} X_n(\tau) e^{jn\omega_0 \tau} \quad (3)$$

در این رابطه $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$ می‌باشد. ضرایب در حالت کلی تابع زمان بوده و در یک دوره تناوب به کمک رابطه (۴) محاسبه می‌شوند.

$$X_n(\tau) = \frac{1}{T_0} \int_t^{t+T_0} x(\tau) e^{-jn\omega_0 \tau} d\tau \quad (4)$$

در این رابطه $\tau = [t, t+T_0]$ می‌باشد. به کمک رابطه (۴) می‌توان تابع را در یک دوره تناوب محاسبه کرد. اگر در بازه مورد بررسی از سری فوریه متناهی استفاده شود در این صورت می‌توان رابطه (۱) را به کمک رابطه (۵) تقریب زد [۲۳].

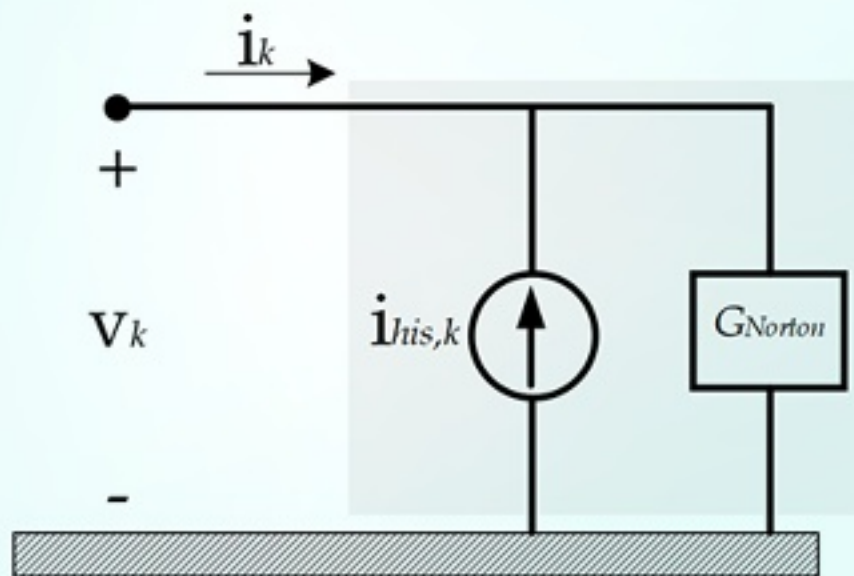
$$x(t) \cong \sum_{n=-h}^h X_n(t) e^{jn\omega_0 t} = G^T X \quad (1)$$

در این رابطه ورودی، بردار ولتاژ گره‌ها و خروجی، بردار جریان گره‌ها می‌باشند. با استفاده از معادله اختلاف مرکزی، معادله (۱۷) به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$\frac{x_k - x_{k-1}}{\Delta t} = A \frac{x_k + x_{k-1}}{\Delta t} + B \frac{v_k + v_{k-1}}{\Delta t} \quad (18)$$

$$i_k = Cx_k + Dv_k$$

در این رابطه k نشان دهنده گام زمانی k ام می‌باشد. با توجه به اینکه هدف رسیدن به معادل نورتون به منظور تحلیل گره می‌باشد، لازم است که در معادله نهایی، x_k بر حسب مقادیر گام قبلی x_{k-1} و مقادیر ورودی v_k توسعه یابد. با حل رابطه (۱۸) برای x_k می‌توان به معادله زیر دست یافت:



شکل ۱: معادل نورتون

$$x_k = (I - A \frac{\Delta t}{2})^{-1} \times \left[\left(I + A \frac{\Delta t}{2} \right) x_{k-1} + \frac{\Delta t}{2} B (v_k + v_{k-1}) \right] \quad (19)$$

$$i_k = Cx_k + Dv_k$$

با تعریف ماتریس‌های جدید می‌توان به معادله زیر رسید:

$$x_k = \alpha x_{k-1} + \gamma B v_k + \mu B v_{k-1} \quad (20)$$

$$i_k = Cx_k + Dv_k$$

در این رابطه

$$\alpha = (I - A \frac{\Delta t}{2})^{-1} \left(I + A \frac{\Delta t}{2} \right) \quad (21)$$

$$\gamma = \mu = (I - A \frac{\Delta t}{2})^{-1} \frac{\Delta t}{2}$$

براساس رابطه (۲۰) می‌توان مشاهده نمود که x_k در گام زمانی k ام به ولتاژ ورودی وابسته می‌باشد. به منظور از بین بردن این وابستگی و رسیدن به معادل نورتون می‌توان از تعریف $x_k = x'_k + \gamma B v_k$ استفاده نمود. با استفاده از این تعریف و تغییر x'_k به x_k معادله زیر حاصل می‌شود:

$$x_k = \alpha x_{k-1} + B v_{k-1} \quad (22)$$

$$i_k = \tilde{C} x_k + G v_k$$

در این رابطه که رابطه نهایی در حوزه زمان می‌باشد،

$$\tilde{C} = C(\alpha \gamma + \mu), G = (D + C \gamma B) \quad (23)$$

همانطور که قبلاً اشاره شده در تحلیل گره، مدار معادل نورتون به صورت نشان داده شده در شکل ۱ مورد نیاز است. با در نظرگیری رابطه (۲۲)، مشخص است که $\tilde{C} x_k$ می‌تواند به صورت $i_{his,k}$ نمایش داده شود و G برابر با G_{Norton} می‌باشد.

براساس روابط بیان شده در بخش ۱-۳، می‌توان معادله (۲۲) را به حوزه هارمونیک توسعه یافته منتقل نمود. در نتیجه، این معادله در حوزه هارمونیک توسعه یافته به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$\dot{X} = [[A_h] - [D_h]] X + [B_h] U \quad (14)$$

$$Y = [C_h] X + [E_h] U$$

رابطه فوق معادله اصلی در توصیف رفتار سیستم در حوزه هارمونیک توسعه یافته است. براساس این رابطه مشخص است که توابع متناوب تشکیل دهنده معادله دارای فرم خطی بوده که باعث می‌شود حجم محاسبات تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد. اگر هدف در شبیه‌سازی رسیدن به پاسخ حالت ماندگار یعنی $\dot{X}(t) = 0$ باشد، آنگاه رابطه به صورت زیر ساده شده که نمایش حوزه هارمونیک می‌باشد.

$$X = -[[A_h] - [D_h]]^{-1} [B] U \quad (15)$$

$$Y = [C_h] X + [E_h] U$$

این رابطه یکی از ویژگی‌های برجسته حوزه هارمونیک توسعه یافته را در مقابل حوزه زمان نمایش می‌دهد. در حالی که روند تحلیل در حوزه زمان حتی اگر مطلوب رسیدن به حالت ماندگار باشد، به مقدار زیادی به شرایط اولیه بستگی دارد، در حوزه هارمونیک توسعه یافته پاسخ حالت ماندگار تنها به کمک حل رابطه (۱۶) امکان‌پذیر خواهد بود. در صورتی که مطلوب مسئله شروع شبیه‌سازی از حالت ماندگار باشد، می‌توان از معادله (۱۶) به عنوان شرایط اولیه معادله (۱۵) استفاده نمود.

۳-۲- حل معادلات در حوزه هارمونیک توسعه یافته

حل معادلات در حوزه هارمونیک توسعه یافته مستلزم به کارگیری یک روش عددی است. یکی از روش‌های دارای دقت و سرعت مناسب جهت حل عددی معادلات دیفرانسیل روش انتگرال گیری دوزنقه‌ای است که به کمک آن می‌توان معادل نورتون را جهت انجام تحلیل گره را به دست آورد که دارای دقت و سرعت مناسب می‌باشد. گام زمانی انتگرال‌گیری تأثیر بسیار زیادی در دقت پاسخ، زمان مورد نیاز جهت حل معادلات و حتی همگرایی دارد. انتخاب گام زمانی مناسب در تحلیل حوزه زمان بسیار مهم بوده و عدم انتخاب صحیح آن می‌تواند منجر به پاسخ‌هایی دور از واقعیت (به ویژه در حالات گذرا) و حتی در بعضی موارد باعث واگرایی در روند تحلیل شبکه گردد. در بررسی حالات گذرا در شبکه‌های قدرت بزرگ به منظور افزایش دقت معمولاً گام زمانی مقدار کوچکی انتخاب شده اما در حالت ماندگار برای افزایش سرعت معمولاً مقدار نسبتاً بزرگ‌تری برای آن انتخاب می‌شود. بعد از پیاده‌سازی مدل ادمیتانسی هر تجهیز و مدل‌سازی منابع ورودی به سیستم به کمک منابع جریان می‌توان از تحلیل گره برای حل معادلات شبکه به صورت زیر استفاده نمود.

$$[I] = [Y][V] \quad (16)$$

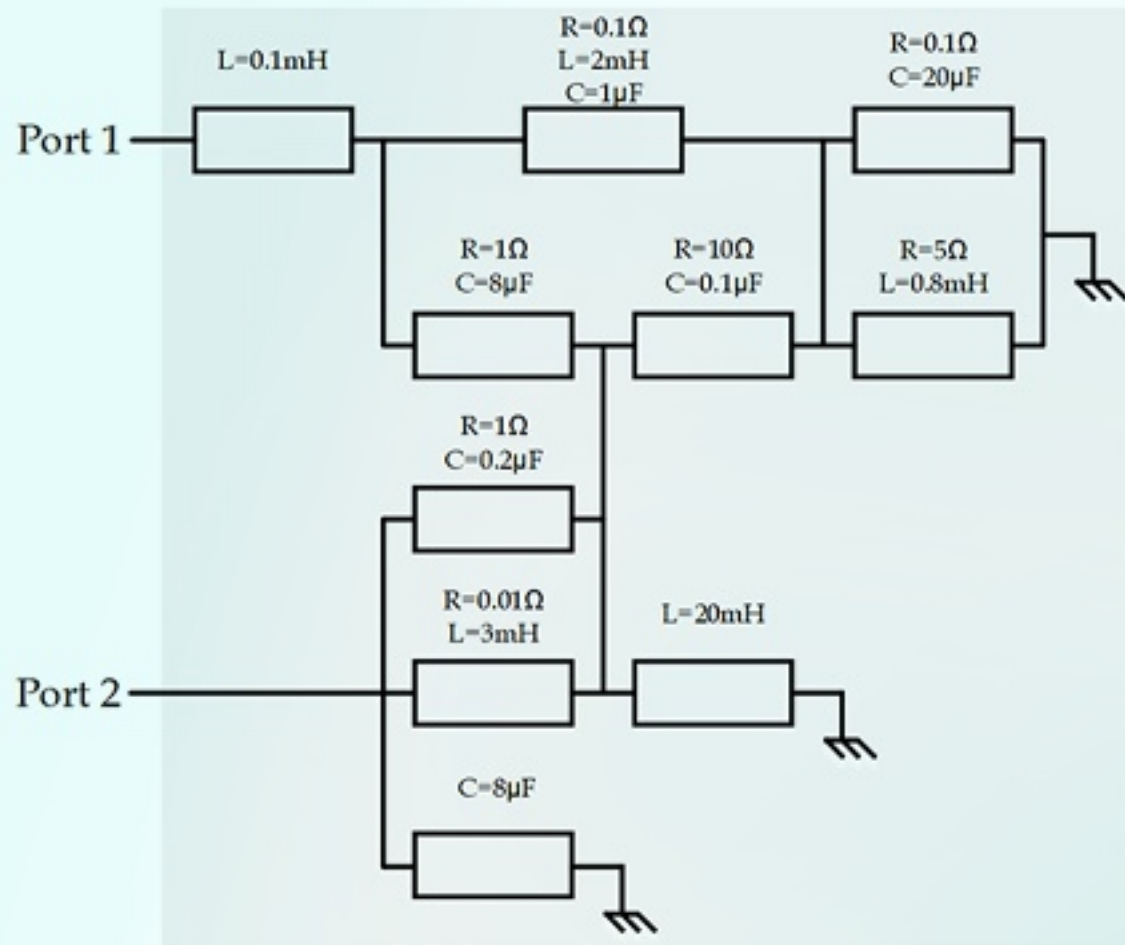
که در آن بردار $[I]$ جریان‌های تزریقی به شین‌ها، $[V]$ ولتاژ شین‌ها و $[Y]$ ماتریس ادمیتانس شبکه می‌باشند.

۴- کانولوشن در حوزه زمان و فازورهای دینامیک

معادله حالت نشان داده شده در رابطه (۲) را که در آن ترمینال‌های مطلوب توسط ماتریس ادمیتانس وابسته به فرکانس مدل شده و سپس به کمک روش تطبیق بردار توسط قطب-باقیمانده تخمین زده شده می‌توان به صورت زیر در حوزه زمان بیان نمود:

$$\dot{x} = Ax + Bv \quad (17)$$

$$i = Cx + Dv$$



شکل ۳: سیستم مورد مطالعه

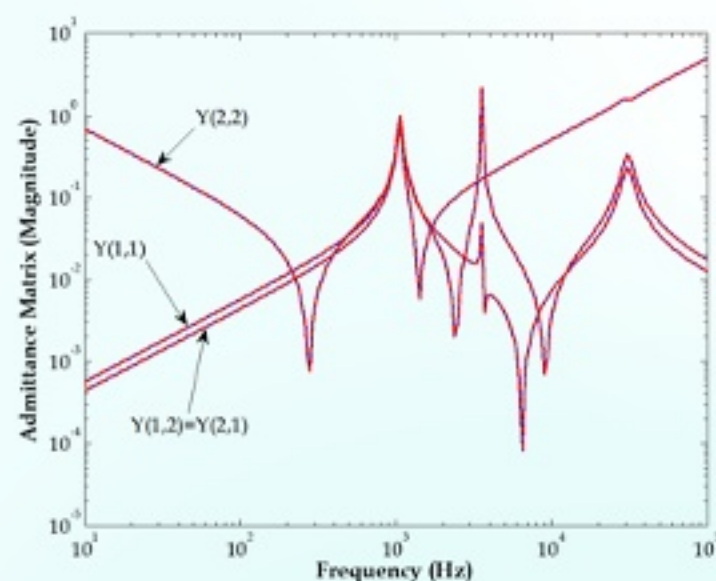
$$\begin{aligned} AP + PA^T + BB^T &= 0 \\ A^T Q + QA + C^T C &= 0 \end{aligned} \quad (26)$$

مقادیر ویژه حاصل ضرب ماتریس‌های کنترل‌پذیری و رویت‌پذیری که به عنوان Hankel Singular Values (HSV) شناخته می‌شوند، نقش بسیار مهمی در تئوری سیستم‌های کنترل بازی می‌کنند. در حقیقت این مقادیر یعنی $\xi_i \triangleq (\lambda_i(PQ))^{\frac{1}{2}}$ مشخص کننده میزان انرژی هر متغیر حالت سیستم در خروجی‌های سیستم هستند. در نتیجه با بررسی HSV و تعریف یک خطای مشخص می‌توان مرتبه سیستم را تا حد قابل قبولی کاهش داد. در این صورت، با پذیرش خطا در محدوده قابل قبول، تعدادی از متغیرهایی که انرژی آنها در حاصل نمودن خروجی‌های سیستم از حدی کمتر است، حذف شده و تعداد متغیرهای حالت یعنی مرتبه سیستم کاهش می‌یابد.

فلوچارت کلی روند حل شامل مراحل مختلف به همراه روابط مورد نیاز در هر بخش در شکل ۲ ارائه شده است.

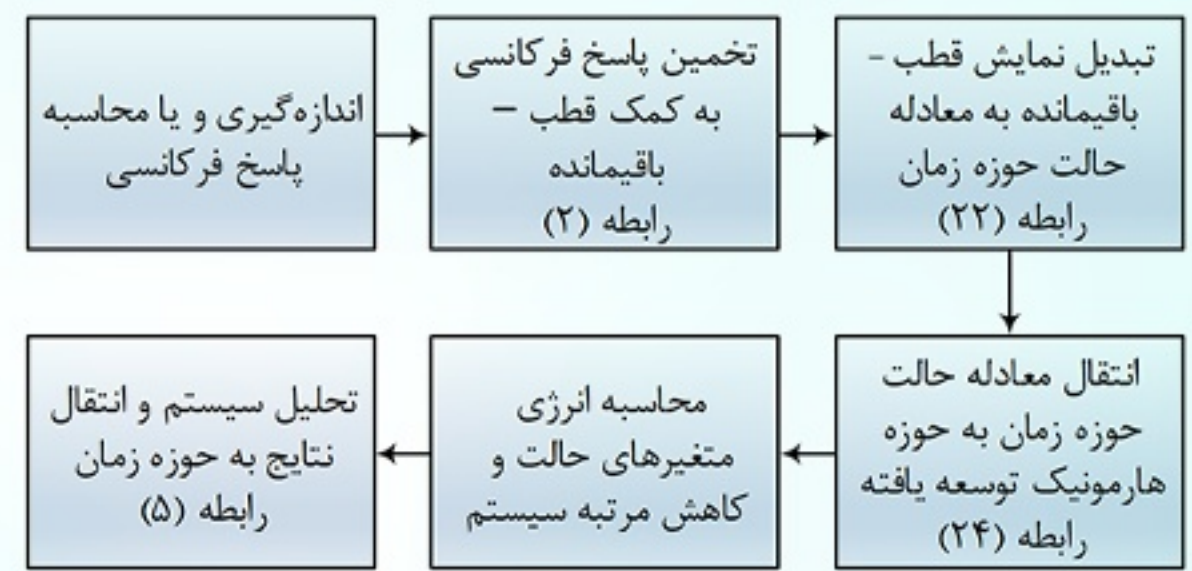
۶- مطالعات موردی و نتایج

به منظور اجرای رویکردهای مطرح شده در قسمت‌های قبل، الگوریتم‌ها در محیط نرم‌افزار MATLAB پیاده‌سازی و در قالب یک محیط کاربر پسند به یکدیگر متصل شده‌اند. شبیه‌سازی‌ها در یک کامپیوتر با مشخصات RAM: 6G، Core i7 و CPU: 2.10GHz انجام شده است. شبکه تست به کار رفته مشابه شکل ۳ بوده که در آن هر امان از ترکیب سری L، R و C تشکیل شده است. هدف مطالعه، بررسی رفتار این سیستم از دیدگاه دو ترمینال خارجی با تعریف و محاسبه ماتریس ادمیتانس وابسته به فرکانس است. در این سیستم، به واسطه وجود عناصر ذخیره کننده انرژی، علاوه بر بالا رفتن مرتبه سیستم، پاسخ فرکانسی دارای پیک‌های رزونانسی در بازه‌های مختلف خواهد بود. همانطور که قبلاً اشاره شد، یکی از مزایای روش تطبیق بردار در برابر روش‌های تخمین پاسخ فرکانسی، پوشش بسیار مناسب پیک‌های رزونانسی می‌باشد.



شکل ۴: تخمین پاسخ فرکانسی (دامنه)

$$\begin{aligned} X_{kd} &= \alpha_d X_{k-1d} + B_d V_{k-1d} \\ I_{kd} &= \tilde{C}_d X_{kd} + G_d V_{kd} \end{aligned} \quad (24)$$



شکل ۲: بلوک دیاگرام روند تحلیل

در این رابطه، B_d ، α_d ، \tilde{C}_d و G_d از محتوای هارمونیک C ، B ، A ، \tilde{C} و G حاصل می‌شود. باید عنوان نمود که در معادله (۲۲)، ضرایب مختلف به صورتی ماتریسی بوده که پارامترهای آن به فرکانس وابسته است. لازم به ذکر است که به منظور انتقال ضرایب نشان داده شده در رابطه (۱۲) به حوزه هارمونیک توسعه یافته، باید A به $(A_d - D_d)$ به منظور محاسبه B_d ، α_d ، \tilde{C}_d و G_d تغییر یابد که A_d از محتوای هارمونیک A تشکیل شده و D_d دارای ساختاری به صورت زیر است:

$$D_d = \begin{bmatrix} D_h & & & & \\ & \ddots & & & \\ & & D_h & & \\ & & & D_h & \\ & & & & D_h & \ddots \\ & & & & & & D_h \end{bmatrix}$$

برای سیستمی که دارای n_p ولتاژ ورودی، n_r جریان خروجی، N جمله برای توصیف نمایش قطب - باقیمانده و هارمونیک اول، ابعاد X_{kd} برابر $1 \times [(n_p N) \times (2h + 1)]$ خواهد بود که به خوبی مشخص می‌کند که بالا بودن ابعاد در این شرایط، باعث افزایش زمان مورد نیاز برای شبیه‌سازی خواهد شد.

۵- کاهش مرتبه

با بررسی معادلات توسعه داده شده در بخش قبل، مشخص می‌شود که در این شرایط مرتبه سیستم به کمک روش حوزه هارمونیک توسعه یافته به منظور در نظرگیری وابستگی سیستم به فرکانس ممکن است بسیار بالا رفته که موجب افزایش قابل توجه حجم محاسبات خواهد شد. در نتیجه، کاهش مرتبه سیستم با هدف استفاده از مزایای روش پیشنهادی از جمله مبتنی بر فرکانس بودن آن، لازم است مرتبه سیستم را ضمن حفظ دقت در دینامیک‌های مورد مطالعه تا حد قابل قبول کاهش داد.

یکی از ابزارهای پرکاربرد در تحلیل سیستم‌های مورد مطالعه، استفاده از تابع لیاپانوف در فرم معادله حالت آن می‌باشد که مفاهیم کنترل‌پذیری و رویت‌پذیری را مورد بررسی قرار می‌دهد. کنترل‌پذیری (P) ارتباط بین ورودی‌های سیستم و متغیرهای حالت را بیان نموده و رویت‌پذیری (Q) ارتباط بین متغیرهای حالت و خروجی‌های سیستم را مشخص می‌کند. با در نظرگیری سیستم توصیف شده با رابطه (۱۷)، P و Q حاصل حل معادله زیر موسوم به معادله لیاپانوف می‌باشند:

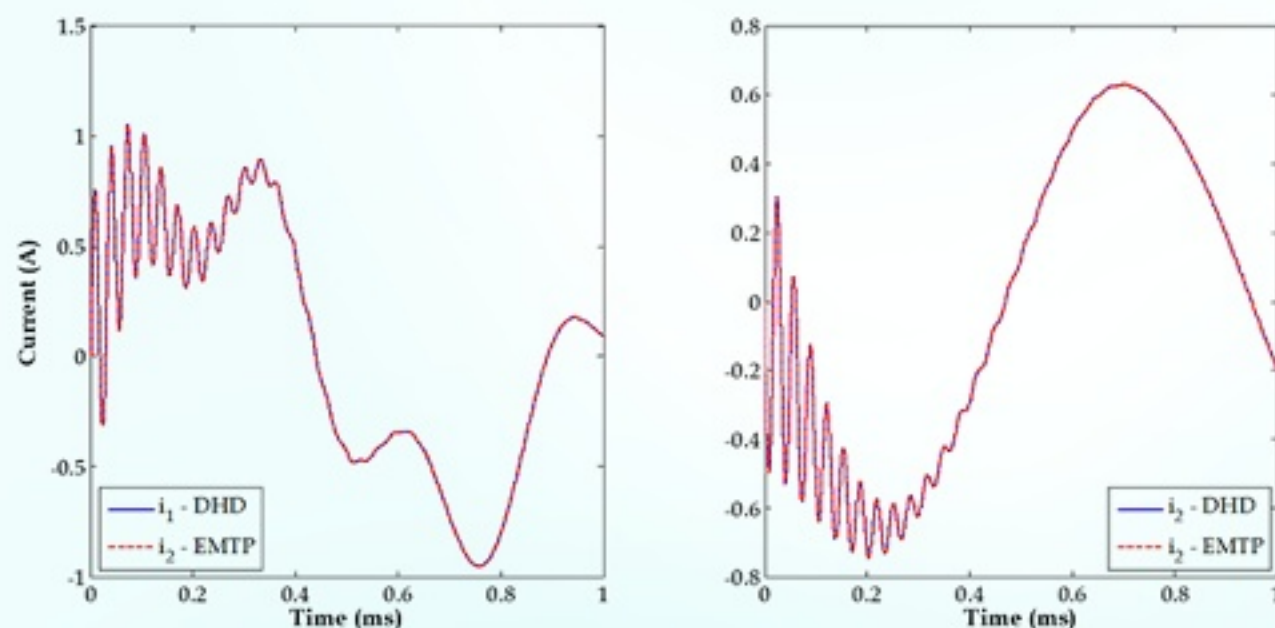
لازم به ذکر است که در این شکل‌ها، رنگ آبی نشان دهنده اطلاعات و رنگ قرمز نشان دهنده مدل تخمین زده شده است. براساس شکل ۴ و با در نظرگیری آنچه در تشریح شده است، انتخاب حداقلی مقدار ۸ برای مرتبه تخمین در روش تطبیق بردار ضروری است. با این وجود، با هدف دستیابی به خطای قابل قبول در تخمین پاسخ‌های فرکانسی، مقدار ۱۰ برای مرتبه انتخاب شده است. لازم به ذکر است که در این مسئله از ۲۵۰ فرکانس که به صورت لگاریتمی از مقدار ۱۰ هرتز تا ۱۰۰ کیلوهرتز توزیع شده‌اند، به منظور تخمین المان‌های ماتریس ادمیتانس استفاده می‌شود. در این شرایط، روش تطبیق بردار در ۴ تکرار همگرا شده و زمان مورد نیاز به منظور انجام محاسبات لازم برابر با ۰/۰۳۲ ثانیه می‌باشد. همچنین، مقدار خطای تخمین در این حالت برابر ۱۵- تا ۵/۳۸×۱۰ بوده که عددی بسیار کوچک است.

۶- تحلیل سیستم در حوزه هارمونیک توسعه یافته

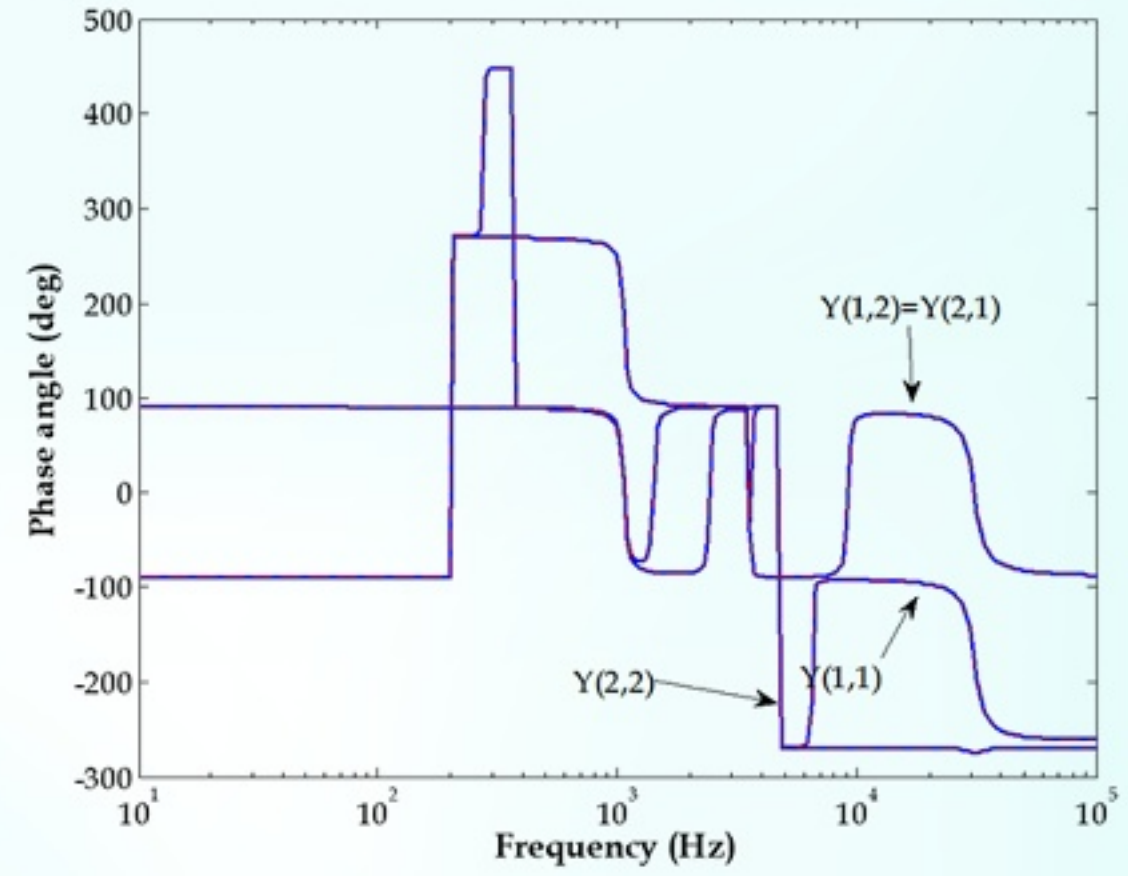
ترمینال شماره ۱ به یک منبع ولتاژ غیر سینوسی به صورت $10 \cos(\omega_0 t) + 4 \cos(3\omega_0 t) + 1$ متصل بوده و ترمینال ۲ اتصال کوتاه می‌گردد. در این شرایط مقدار ω_0 برابر 100π رادیان بر ثانیه می‌باشد. با توجه به خطی بودن شبکه مورد مطالعه، انتظار می‌رود که تنها مؤلفه‌های تحریک شده در ورودی در خروجی ظاهر شوند؛ در نتیجه، با توجه به مرتبه هارمونیک ورودی‌های ولتاژ، مقدار ۳ هارمونیک در روش حوزه هارمونیک توسعه یافته انتخاب می‌گردد. با اعمال فرمول‌بندی ارائه شده در بخش ۴ با در نظرگیری ولتاژهای اعمال شده می‌توان تحلیل سیستم را انجام داد.

۱-۲-۶- پاسخ حالت ماندگار

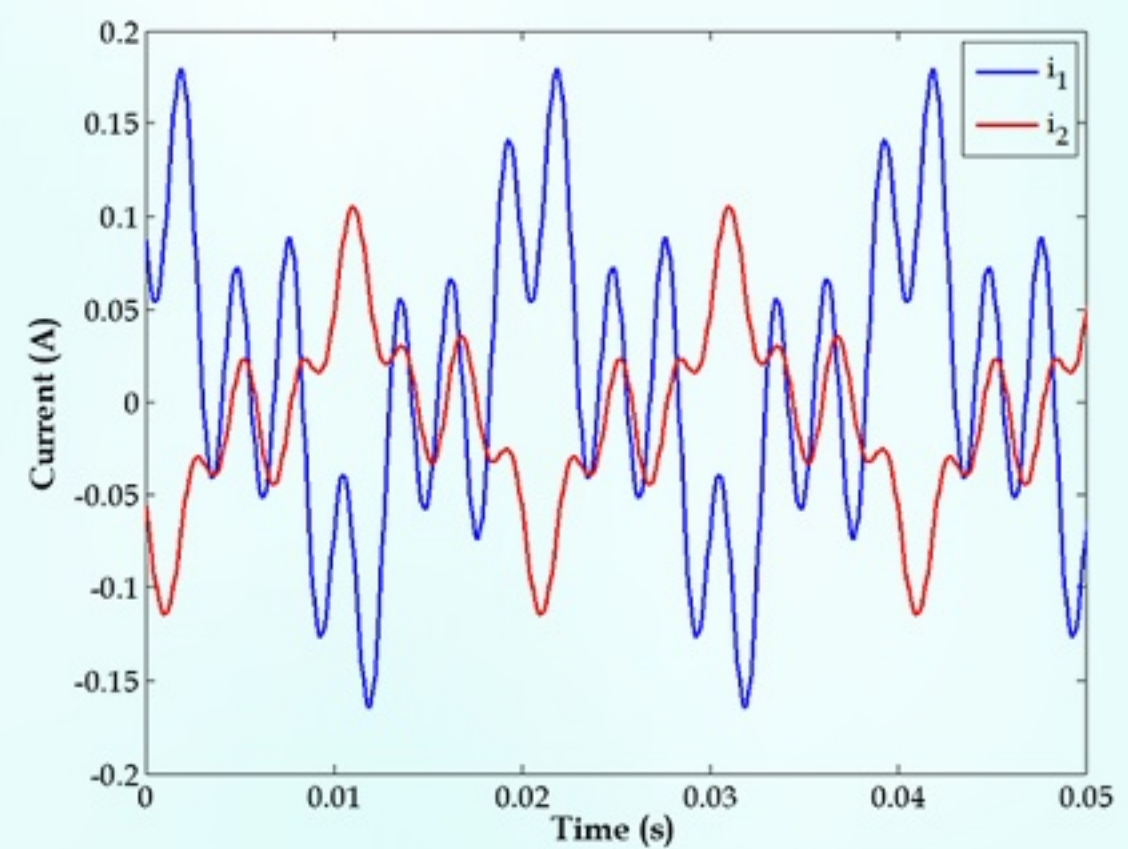
همانطور که توسط رابطه (۱۵) ارائه شده در بخش ۳-۱ اشاره شد، از مزایای بسیار مناسب روش حوزه هارمونیک توسعه یافته در برابر سایر روش‌ها، امکان محاسبه پاسخ حالت ماندگار سیستم به کمک حل یک رابطه جبری می‌باشد. از آنجایی که شبکه مورد مطالعه کاملاً خطی است، رابطه (۱۵) پس از یک تکرار پاسخ نهایی را مشخص می‌سازد. با اعمال این معادله، پاسخ حالت ماندگار جریان‌های کشیده شده از ترمینال‌های ۱ و ۲ به صورت نشان داده شده در شکل ۶ می‌باشد. لازم به ذکر است که زمان لازم برای محاسبه پاسخ حالت ماندگار ۰/۹۸ ثانیه می‌باشد و این در حالی است که با توجه به میرایی نسبتاً پایین در سیستم (که در بخش بعد مورد بررسی قرار می‌گیرد) استفاده از روش‌های مبتنی بر حوزه زمان به منظور رسیدن به پاسخ حالت ماندگار بسیار وقت‌گیر می‌باشد. با توجه به شکل ۶ مشخص است که میزان آلودگی هارمونیک بسیار بالا بوده به طوری که آلودگی هارمونیک کل جریان کشیده شده از ترمینال ۱ برابر با ۱۰۹/۳٪ بوده و برای ترمینال ۲ برابر با ۷۸/۹٪ می‌باشد.



شکل ۷: پاسخ حالت گذرای جریان‌های کشیده شده از ترمینال‌های ۱ و ۲



شکل ۵: تخمین پاسخ فرکانسی (زاویه)



شکل ۶: پاسخ حالت ماندگار جریان‌های کشیده شده از ترمینال‌های ۱ و ۲

۱-۶-۱- پاسخ فرکانسی و تخمین با استفاده از تطبیق بردار

در ابتدا لازم است که ماتریس ادمیتانس از دیدگاه دو ترمینال مطلوب برای بازه فرکانسی مورد نظر به دست آید (لازم به ذکر است که این ماتریس می‌تواند حاصل اندازه‌گیری باشد). برای این منظور، تعریف زیر برای سیستم با دو ترمینال در نظر گرفته می‌شود:

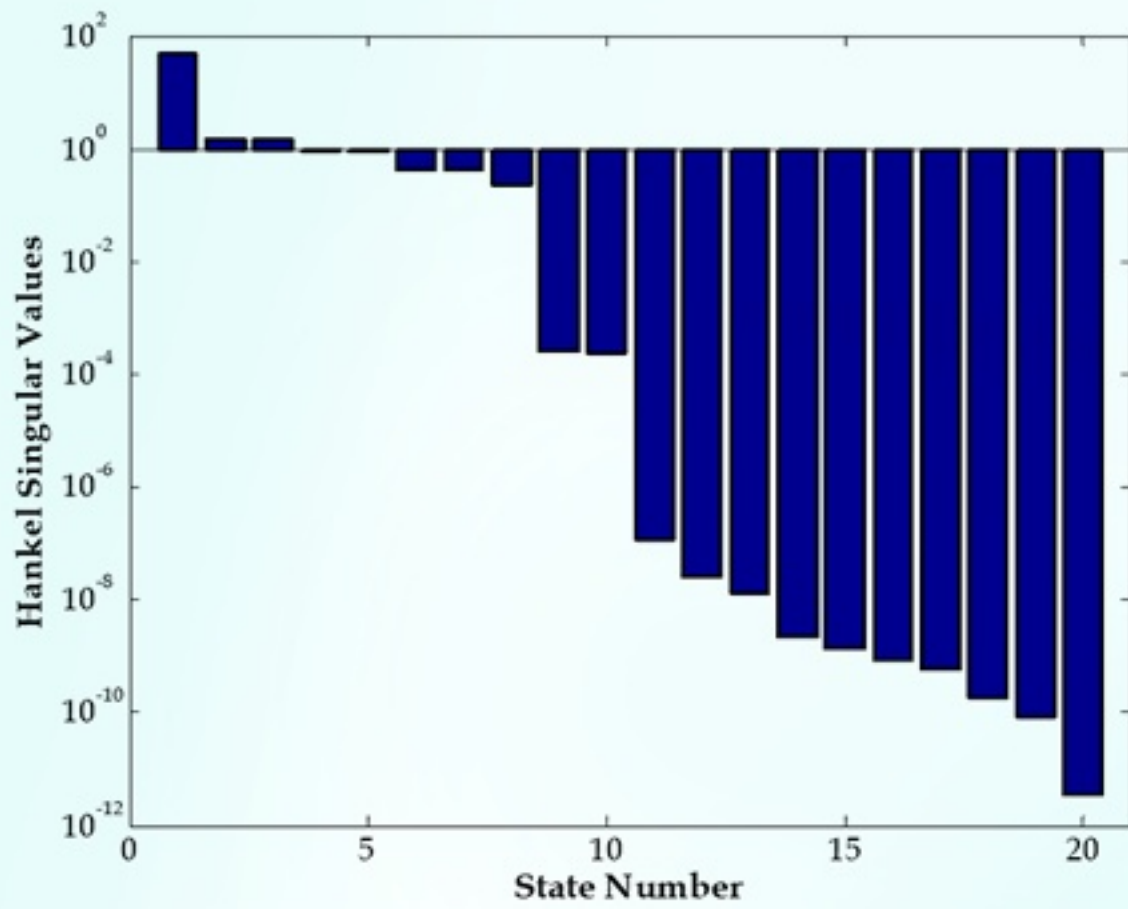
$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad (27)$$

مطابق رابطه (۲۷) مشاهده می‌شود که المان‌های مختلف ماتریس ادمیتانس $[Y_{(2 \times 2)}]$ را می‌توان براساس تعاریف زیر محاسبه نمود:

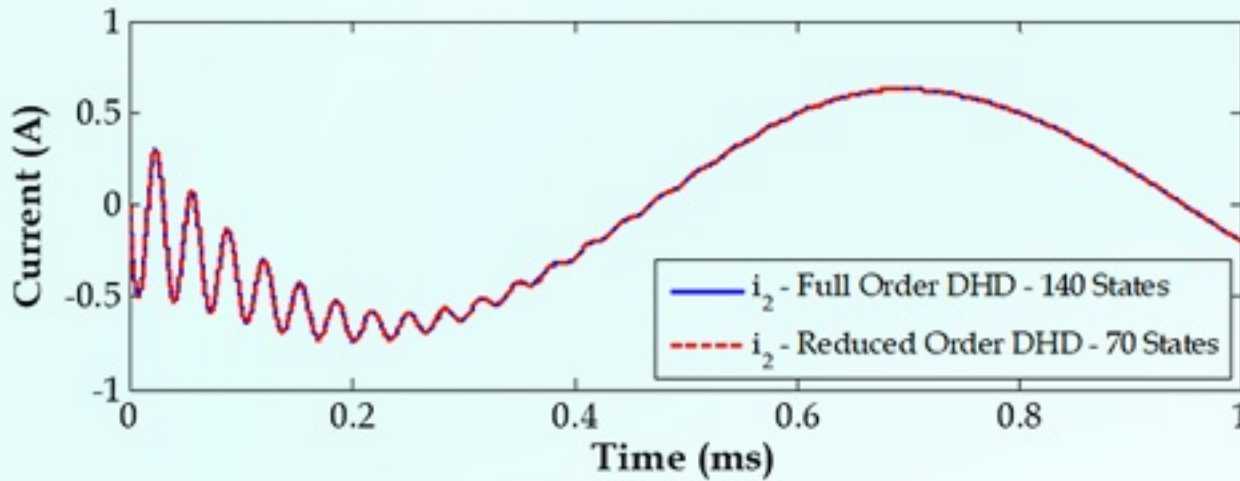
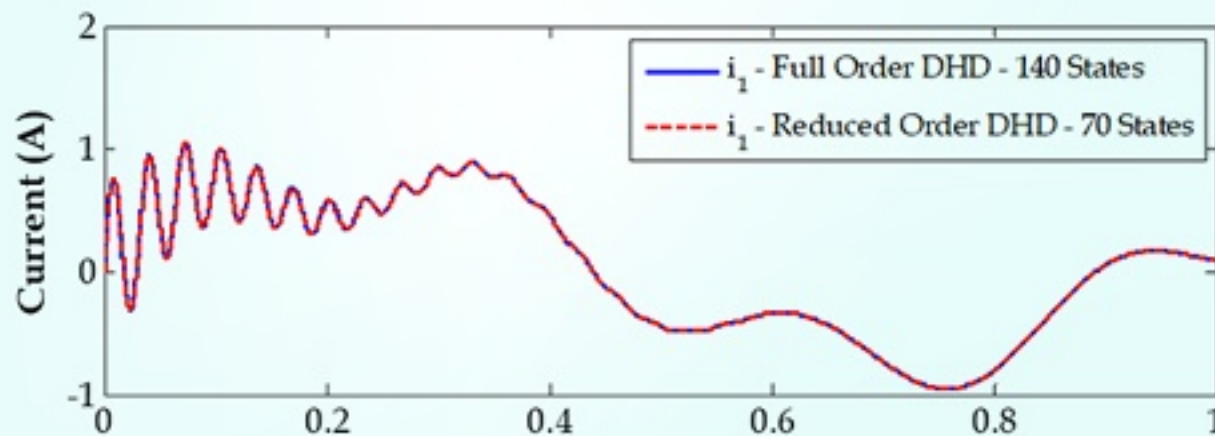
$$\begin{aligned} Y_{11} &= \frac{I_1}{V_1} \Big|_{V_2=0} & Y_{22} &= \frac{I_2}{V_2} \Big|_{V_1=0} \\ Y_{12} &= \frac{I_1}{V_2} \Big|_{V_1=0} & Y_{21} &= \frac{I_2}{V_1} \Big|_{V_2=0} \end{aligned} \quad (28)$$

برای این منظور می‌توان در مطالعه شبکه در هر فرکانس از یک منبع جریان با دامنه ثابت استفاده کرد و ولتاژ مورد نظر را اندازه گرفته و در نهایت ادمیتانس متناظر را محاسبه نمود.

پس از استخراج ماتریس ادمیتانس براساس روند یاد شده و یا در اختیار داشتن مقادیر آن‌ها، از روش تطبیق بردار با مرتبه ۱۰ به منظور تخمین پاسخ‌های حاصل شده مطابق با روند ارائه شده در بخش ۲ استفاده می‌گردد. شکل‌های ۴ و ۵ به ترتیب نشان دهنده دامنه و فاز المان‌های ماتریس ادمیتانس در فرکانس‌های مختلف می‌باشند.



شکل ۱۰: مقادیر HSV



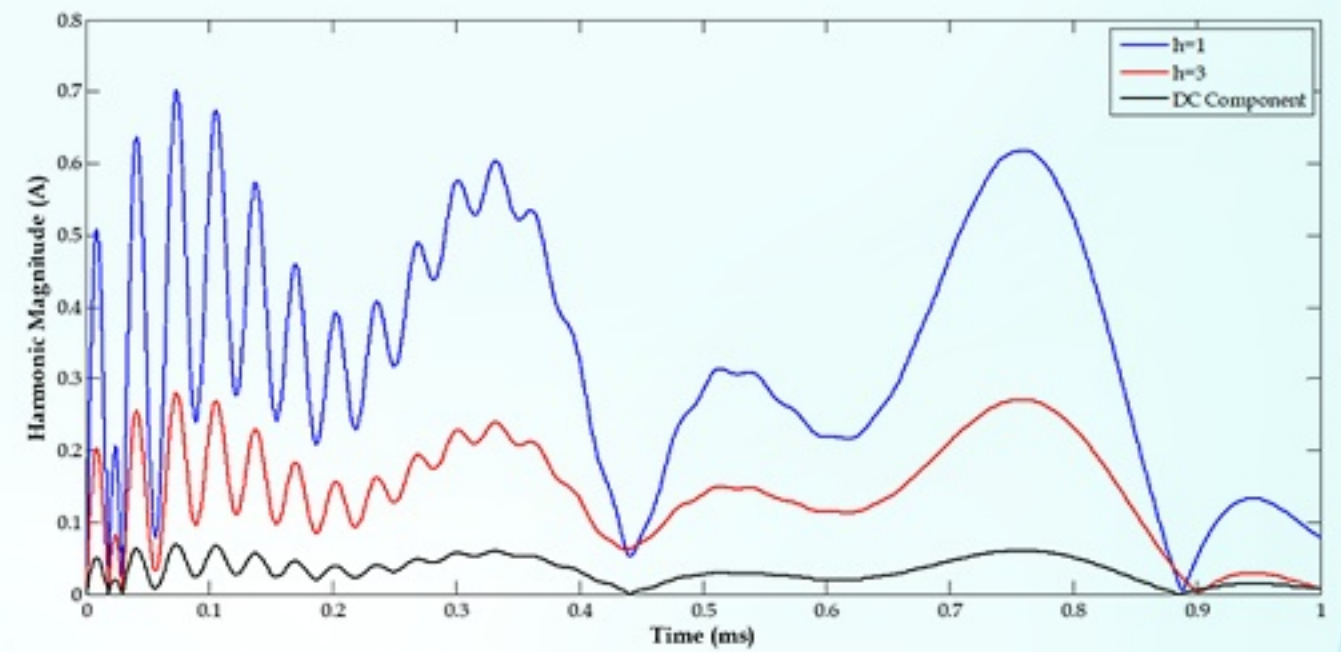
شکل ۱۱: پاسخ حالت گذرای جریان‌های کشیده شده از ترمینال‌های ۱ و ۲ با استفاده از روش کاهش مرتبه

۶-۲-۳- کاهش مرتبه

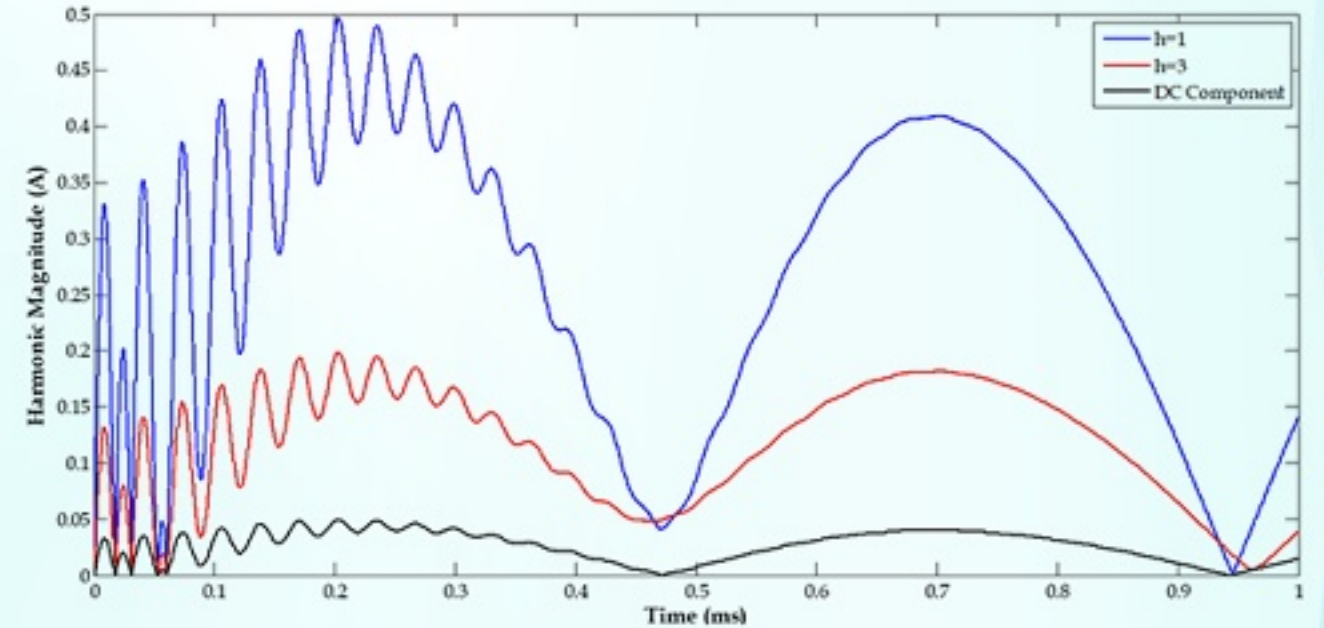
در این بخش از روش کاهش مرتبه به منظور کاستن از مرتبه سیستم استفاده می‌شود. با توجه به مرتبه تخمین سیستم در بخش ۶-۱ یعنی ۱۰ و با توجه تعداد هارمونیک‌های مورد مطالعه در روش حوزه هارمونیک توسعه یافته، با در نظر گرفتن این نکته که در حوزه هارمونیک توسعه یافته هر سیگنال به بردار هارمونیک تبدیل می‌شود، مشخص است که تعداد کل متغیرهای حالت در حوزه هارمونیک توسعه یافته برابر با ۱۴۰ می‌باشد.

جدول ۱: مقایسه بین روش‌های مختلف

مقدار	زمان مورد نیاز (ثانیه)	گام زمانی (میکروثانیه)	تعداد معادلات حالت
EMTP	2/83	1	11
Full Order DHD	2/03	10	140
Reduced Order DHD	1/42	10	70



شکل ۸: محتوای هارمونیک جریان کشیده شده از ترمینال ۱



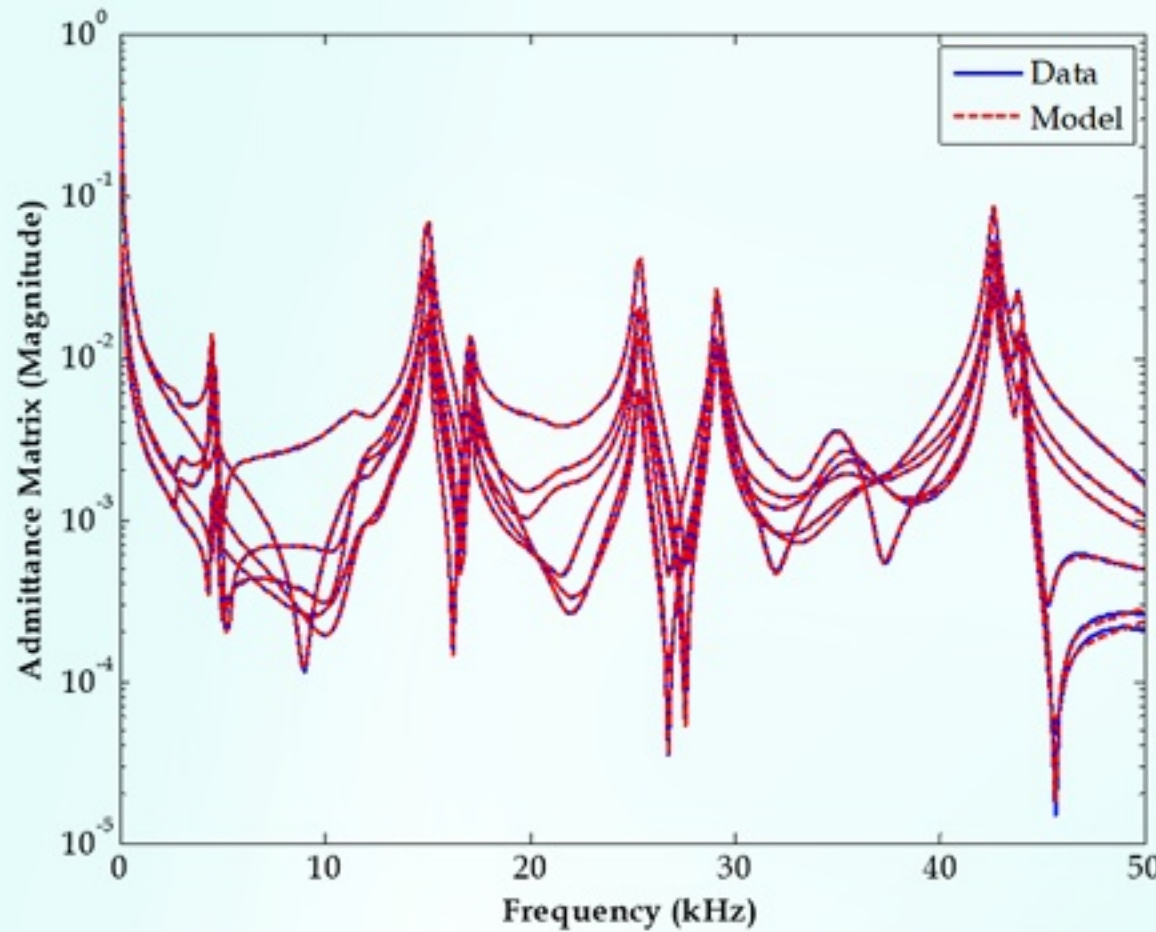
شکل ۹: محتوای هارمونیک جریان کشیده شده از ترمینال ۲

۶-۲-۲- پاسخ حالت گذرا

در این قسمت فرض می‌گردد که تمامی شرایط اولیه در سیستم برابر با صفر باشند. این سیستم به منظور مقایسه دقت پاسخ‌های حوزه زمان حاصل شده به کمک روش حوزه هارمونیک توسعه یافته، در نرم‌افزار آنالیز حالت گذرای EMTP با گام زمانی برابر با ۱ میکروثانیه پیاده‌سازی شده است. لازم به ذکر است که با توجه به مبتنی بر فرکانس بودن روش پیشنهادی، امکان استفاده از گام زمانی بزرگ‌تر وجود دارد که در این مطالعه مقدار ۱۰۰ میکروثانیه انتخاب می‌گردد. در این بخش، فرض می‌گردد که منبع ولتاژ متصل به ترمینال ۲ در لحظه ۰/۵ میلی‌ثانیه اتصال کوتاه گردد.

شکل موج جریان‌های کشیده شده از ترمینال‌های ۱ و ۲ در شکل ۷ برای بازه زمانی ۱ میلی‌ثانیه ترسیم شده است. مقایسه پاسخ‌های حاصل از روش حوزه هارمونیک توسعه یافته و آنچه که با استفاده از نرم‌افزار EMTP حاصل شده است دقت بسیار بالای روش پیشنهادی را نشان می‌دهد که به خوبی وابستگی فرکانسی شبکه را در شرایط گذرا و در حضور هارمونیک‌ها را در نظر می‌گیرد. براساس این شکل مشاهده می‌شود که حالت گذرای به وجود آمده نسبتاً شدید بوده و میرایی سیستم نسبتاً کم می‌باشد. همانطور که قبلاً اشاره شد، با توجه به کم بودن میرایی سیستم، در صورت استفاده از روش حوزه زمان به منظور رسیدن به پاسخ حالت ماندگار مدت زمان لازم بسیار بالا می‌باشد. محتوای هارمونیک جریان‌های کشیده شده از ترمینال‌های ۱ و ۲ به ترتیب در شکل‌های ۸ و ۹ ترسیم شده‌اند. براساس این شکل مشاهده می‌شود که تنها مؤلفه‌های DC، اول، سوم و هفتم در شکل موج‌ها حضور دارند که با توجه به خطی بودن سیستم کاملاً مورد انتظار می‌باشد.

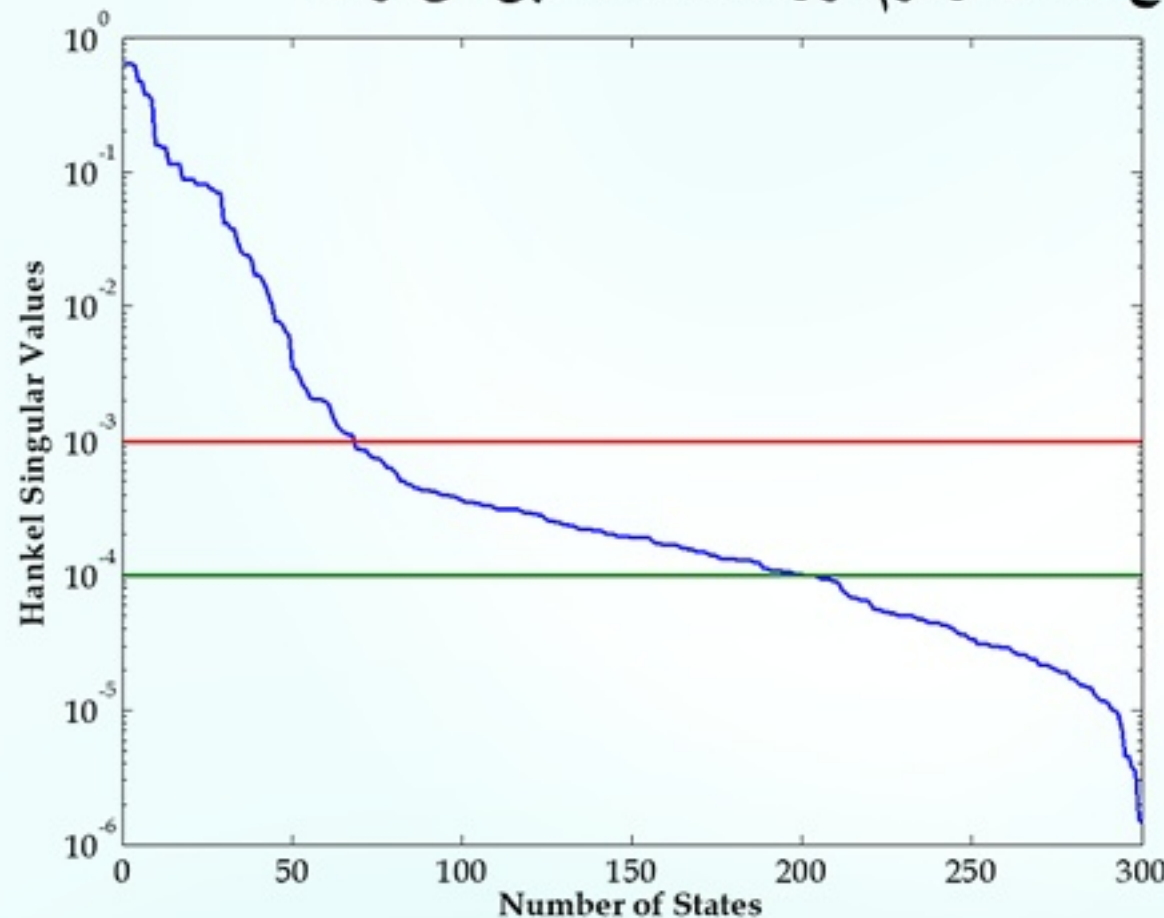
زمان مورد نیاز برای ۳۰ میلی‌ثانیه شبیه‌سازی برابر با ۲/۰۳ ثانیه بوده و این در حالی است که زمان لازم با استفاده از نرم‌افزار EMTP برابر ۲/۸۳ ثانیه می‌باشد.



شکل ۱۳: تخمین پاسخ فرکانسی (دامنه)

۷-۱- پاسخ فرکانسی و تخمین با استفاده از تطبیق بردار با در نظرگیری حد فرکانس بالا برابر ۵۰ کیلوهرتز جهت تطبیق بردار، شکل ۱۳ نشان دهنده نتایج حاصل از تطبیق دامنه برای ماتریس ادمیتانس مطابق روند ارائه شده در بخش‌های قبل با استفاده از روش تطبیق بردار با مرتبه ۵۰ می‌باشد. لازم به ذکر است که در این مسئله، زمان مورد نیاز جهت تطبیق بردار برابر ۱/۰۲۱ ثانیه بوده و خطای محاسبات برابر با $4/029 \times 10^{-6}$ می‌باشد.

۷-۲- پاسخ حالت گذرا
تحلیل سیستم با در نظرگیری تمام شرایط اولیه برابر صفر انجام می‌گیرد. شکل ۱۴ نشان دهنده مولفه‌های هارمونیک جریان‌های سه فاز کشیده شده از منابع متصل به دو ترمینال را نشان می‌باشد. همانطور که انتظار می‌رفت، به دلیل صفر بودن تمامی شرایط اولیه، حالت گذری شدیدی در پاسخ جریان‌ها مشاهده می‌شود. شکل ۱۵ مقایسه نتایج حاصل از روش ارائه شده در این مقاله و نتایج حاصل از نرم‌افزار EMTP را نمایش می‌دهد. مشاهده می‌شود که برای تطبیق بردار با حد بالای فرکانس برابر با ۵۰ کیلوهرتز، نتایج با نتایج خروجی نرم‌افزار EMTP متفاوت می‌باشد. دلیل عدم تطبیق پاسخ‌ها با در نظرگیری شکل ۱۳، اختلاف بین پاسخ تطبیق داده شده و پاسخ واقعی می‌باشد که برای فرکانس‌های بالا و نزدیک به ۵۰ کیلوهرتز افزایش می‌یابد. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش حد بالای فرکانس به ۱۰ کیلوهرتز، پاسخ روش پیشنهادی بر پاسخ حاصل از نرم‌افزار EMTP منطبق می‌گردد.

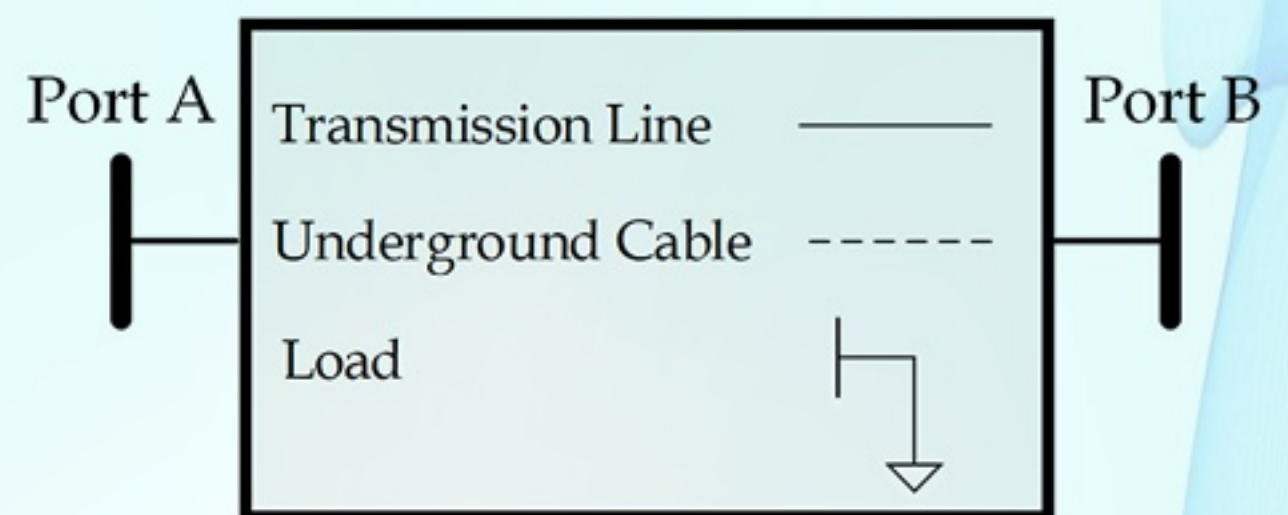


شکل ۱۶: پاسخ حالت گذرای جریان‌های کشیده شده از فاز a ترمینال A با استفاده از روش کاهش مرتبه

HSV برای سیستم مورد مطالعه در شکل ۱۰ نمایش داده شده است که مطابق آن بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب برابر با ۵۰ و 3×10^{-12} بوده که به خوبی نشان از تاثیرگذاری بسیار کم تعدادی از متغیرهای حالت در جریان‌های کشیده شده از ترمینال‌های ۱ و ۲ می‌باشد. براساس این شکل، مشاهده می‌شود که تعداد ۱۰ متغیر حالت دارای میزان انرژی کمتر از 10^{-4} در خروجی می‌باشند. با حذف این متغیرهای حالت مرتبه سیستم از ۱۴۰ به ۷۰ کاهش یافته که بسیار قابل توجه می‌باشد. در این شرایط خطای نسبی با تعریف $\|M - M_{red}\|_{\infty}$ (M تعریف کننده نمایش ماتریسی سیستم است) برابر با $3/34 \times 10^{-7}$ خواهد بود. با استفاده از روش کاهش مرتبه، پاسخ جریان‌های کشیده شده از ترمینال‌های ۱ و ۲ به صورت نشان داده شده در شکل ۱۱ می‌باشد. لازم به ذکر است که در این شرایط زمان مورد نیاز برای محاسبه پاسخ برابر با ۱/۴۲ ثانیه می‌باشد که کاهش بسیار قابل توجهی در مقایسه با روش مرتبه کامل را نشان می‌دهد. براساس شکل و با مقایسه نتایج حوزه زمان حاصل با نتایج حاصل از روش حوزه هارمونیک توسعه یافته با مرتبه کامل مشخص است که دقت پاسخ‌های حاصل مناسب است. مقایسه عددی بین EMTP، حوزه هارمونیک توسعه یافته با مرتبه کامل و حوزه هارمونیک توسعه یافته با کاهش مرتبه از دیدگاه‌های مختلف در جدول ۱ ارائه شده است.

۷- سیستم توزیع سه فاز

در این بخش، سیستم توزیع سه فاز با اطلاعات ارائه شده در [۹] نشان داده شده در شکل ۱۲ که در آن بار، کابل و خطوط هوایی مدل شده با پارامترهای توزیع شده وجود دارد به منظور بررسی رویکردهای پیشنهادی در بخش‌های قبل مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. سیستم مورد بررسی دارای دو ترمینال A و B می‌باشد که به منابع ولتاژ با مشخصات ارائه شده در جدول ۲ متصل شده‌اند. باید عنوان گردد که ولتاژهای ارائه شده در جدول ۲ بر مبنای ۴۰۰ ولت می‌باشند.



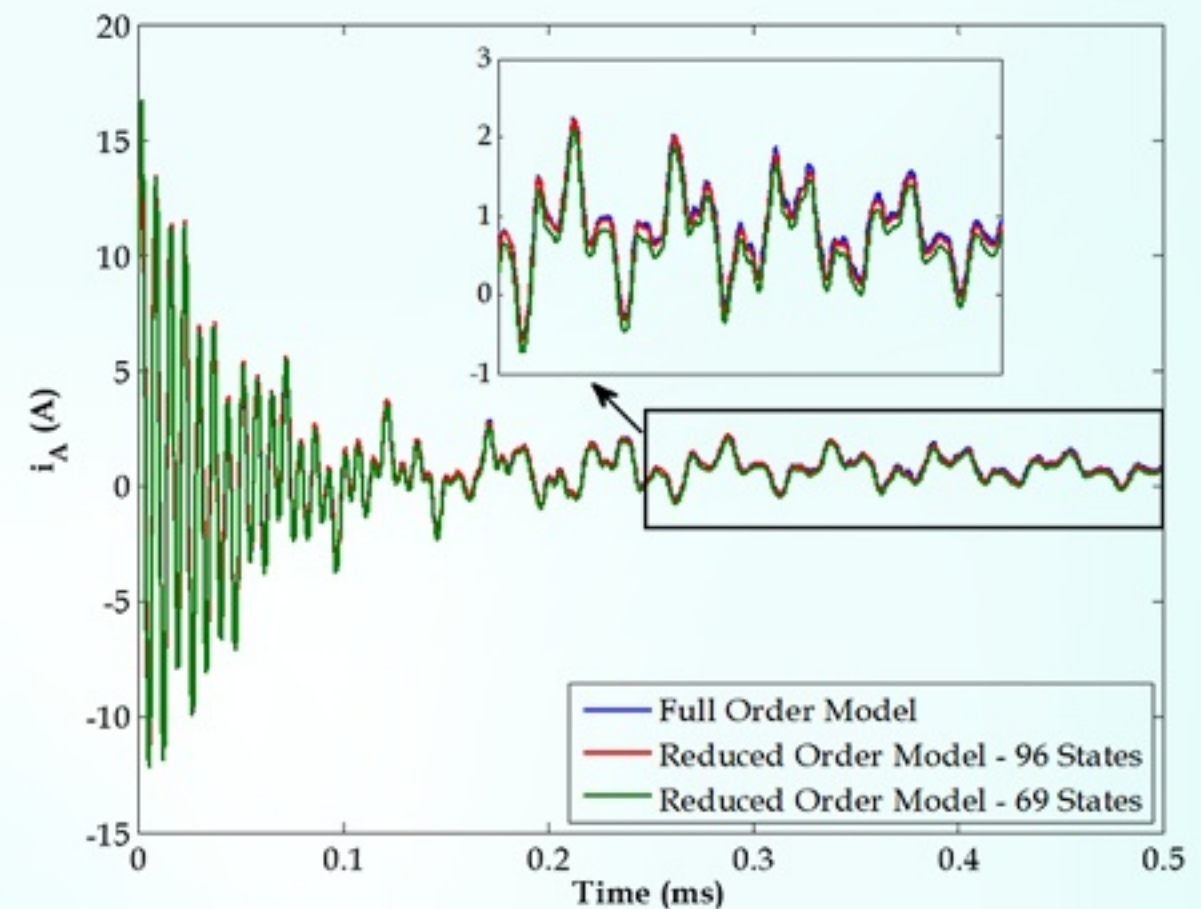
شکل ۱۲: سیستم توزیع سه فاز

جدول ۲: ولتاژهای سه فاز متصل به ترمینال‌های A و B

مرتبه هارمونیکی	Port A			Port B		
	"a"	"b"	"c"	"a"	"b"	"c"
1	$1 \angle 5^\circ$	$1 \angle -11^\circ$	$1 \angle 12^\circ$	$1 \angle 0^\circ$	$1 \angle -12^\circ$	$1 \angle 12^\circ$
2	$0.05 \angle$	0	0	0	0	0
3	$0.02 \angle$	0	0	0	0	0

موارد زیر به عنوان اهداف آینده ارائه می‌گردد:

- ۱- به کمک این روش می‌توان مطالعات صاعقه به ویژه اثرات زاویه منبع بر بروز شکست عایقی را با در نظرگیری جزئیات کامل در زمان بسیار کوتاهی انجام داد.
- ۲- روش ارائه شده می‌تواند در نرم‌افزارهای مبتنی بر فازور با هدف فراهم نمودن آنالیز دقیق حالت گذرا با در نظرگیری وابستگی به فرکانس پیاده‌سازی گردد.



شکل ۱۷: پاسخ حالت گذرای جریان‌های کشیده شده از فاز a ترمینال A با استفاده از روش کاهش مرتبه

۷-۳- کاهش مرتبه

با در نظرگیری مقادیر HSV که در شکل ۱۶ نشان داده شده‌اند، بیشترین و کمترین مقدار انرژی متغیرهای حالت به ترتیب برابر با 0.631 و 1.45×10^{-6} می‌باشند. با تعریف معیار انرژی ۳-۱۰، مدل مرتبه ۶۹ برای سیستم انتخاب می‌گردد. لازم به ذکر است که در این شرایط خطای نسبی با تعریف $\|M - M_{red}\|_{\infty}$ برابر با 0.0822 خواهد بود که مقدار نسبتاً بالایی است. با تعریف حد خطای نسبی برابر با 0.05 ، مرتبه کاهش یافته سیستم برابر با ۹۶ خواهد بود که نشان می‌دهد برای کاهش حدوداً ۳۹ درصدی خطای نسبی، مرتبه مدل کاهش یافته باید ۲۷ واحد افزایش یابد. جریان کشیده شده از فاز a ترمینال A، به منظور ارزیابی دقت پاسخ حاصل از روش کاهش مرتبه و مقایسه آن با پاسخ دقیق در شکل ۱۷ برای ۱ میلی‌ثانیه نشان داده شده است. براساس شکل ۱۶ مشاهده می‌شود که سیستم کاهش یافته با مرتبه ۹۶ دارای دقت بسیار مناسبی در مقایسه با پاسخ سیستم با مرتبه کامل دارد.

۱- نتیجه‌گیری

اهمیت انجام مطالعات حالت گذرا و همچنین در نظرگیری اثرات هارمونیک‌ها به دلیل گسترش روزافزون استفاده از بارهای غیرخطی افزایش می‌یابد. از این نظر، توسعه نرم‌افزارهای مبتنی بر فازور به منظور در نظر گرفتن اثرات دقیق هارمونیک‌ها در شرایط گذرا (که در آن مدل‌سازی وابسته به فرکانس بسیار مهم است) ضروری می‌باشد. در این مقاله، جزئیات استفاده از روش فازورهای دینامیک با هدف شبیه‌سازی حالت گذرای شبکه با در نظرگیری تغییرات وابسته به فرکانس در شرایط هارمونیک‌کی ارائه گردید. روش پیشنهادی کاملاً مبتنی بر فرکانس بوده و می‌تواند با دقت بسیار مناسبی حالت‌های گذرای هارمونیک‌کی را دنبال نماید. همانطور که در مقاله اشاره شد، در این شرایط مرتبه سیستم می‌تواند بالا بسیار رفته که روند شبیه‌سازی را تا حد قابل توجهی کند می‌کند. در نتیجه، از یک روش کاهش مرتبه مبتنی بر HSV استفاده شد. نتایج حاصل به خوبی مشخص نمود که روش پیشنهادی می‌تواند با دقت مناسب و قابل تنظیمی حالات گذرا را در حوزه فرکانس با در نظرگیری کامل هارمونیک‌های موجود دنبال نماید.

مراجع

- [1] A. S. Morched, J. H. Ottevangers, and L. Marti, "Multi-port frequency dependent network equivalents for the EMTP," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 8, no. 3, pp. 1402-1412, 1993.
- [2] B. Gustavsen, "Computer code for rational approximation of frequency dependent admittance matrices," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 17, no. 4, pp. 1093-1098, 2002.
- [3] H. Xue et al., "Transient Responses of Overhead Cables Due to Mode Transition in High Frequencies," *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. 60, no. 3, pp. 785-794, 2018.
- [4] D. Deschrijver, M. Mrozowski, T. Dhaene, and D. De Zutter, "Macromodeling of multiport systems using a fast implementation of the vector fitting method," *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 18, no. 6, pp. 383-385, 2008.
- [5] B. Gustavsen, "Fast passivity enforcement for S-parameter models by perturbation of residue matrix eigenvalues," *IEEE Trans. Adv. Packag.*, vol. 33, no. 1, pp. 257-265, 2010.
- [6] T. Dhaene, D. Deschrijver, and N. Stevens, "Efficient algorithm for passivity enforcement of S-parameter-based macromodels," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 57, no. 2, pp. 415-420, 2009.
- [7] Y. Hu, W. Wu, A. M. Ghole and B. Zhang, "A Guaranteed and Efficient Method to Enforce Passivity of Frequency-Dependent Network Equivalents," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 32, no. 3, pp. 2455-2463, 2017.
- [8] B. Gustavsen and A. Semlyen, "Rational approximation of frequency domain responses by vector fitting," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 14, no. 3, pp. 1052-1061, 1999.
- [9] B. Gustavsen, "Improving the pole relocating properties of vector fitting," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 21, no. 3, pp. 1587-1592, 2006.
- [10] A. M. Stankovic, S. R. Sanders, and T. Aydin, "Dynamic phasors in modeling and analysis of unbalanced polyphase AC machines," *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 17, pp. 107-113, 2002.
- [11] A. M. Stankovic, P. Mattavelli, V. Caliskan, and G. C. Verghese, "Modeling and analysis of FACTS devices with dynamic phasors," in 2000 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. Conference Proceedings (Cat. No.00CH37077), 2000, vol. 2, pp. 1440-1446.
- [12] M. Elizondo, F. Tuffner, K. Schneider, "Simulation of Inrush Dynamics for Unbalanced Distribution Systems using Dynamic-Phasor Models," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 32, no. 1, 2017.
- [13] T. Demiray, "Simulation of power system dynamics using dynamic phasor models," Ph.D. dissertation, Swiss Fed. Inst. Technol., Zurich, Switzerland, 2008.
- [14] M. C. Chudasama and A. M. Kulkarni, "Dynamic phasor analysis of SSR mitigation schemes based on passive phase imbalance," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 26, pp. 1668-1676, 2011.
- [15] Z. Miao, L. Piyasinghe, J. Khazaei, and L. Fan, "Dynamic Phasor-Based Modeling of Unbalanced Radial Distribution Sys, 2015. tems," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 30, no. 6, pp. 3102-3109
- [16] H. Zhu, Z. Cai, H. Liu, Q. Qi, and Y. Ni, "Hybrid-model transient stability simulation using dynamic phasors based HVDC system model," *Elect. Power Syst. Res.*, vol. 76, pp. 582-591, 2006.
- [17] علیرضا حسنی اصل، مهدی معلم و محمد کیوان فرد، «بهبود عملکرد فیلترهای هارمونیک جبران کننده استاتیکی توان راکتیو برای کوره های قوس الکتریکی با آنالیز حساسیت و استفاده از نتایج عملی»، *مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز*، دوره 46، شماره 1، 86-75، 1395.
- [18] J. J. Rico, M. Madrigal, and E. Acha, "Dynamic harmonic evolution using the extended harmonic domain," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 18, no. 2, pp. 587-594, 2003.
- [19] E. Karami, M. Madrigal, S. M. Kouhsari and S. M. Mazhari, "A dynamic harmonic domain-based framework to detect 3-phase balanced systems under dynamic transients: the test case of inrush current in transformers," *Int. Trans. Electr. Energ. Syst.*, vol. 27, no. 2, 2017.
- [20] M. Madrigal, "Modelling of Power Electronics Controllers for Harmonic Analysis in Power Systems," Ph.D. dissertation, Univ. Glasgow, 2001.
- [21] J. J. Chavez, A. Ramirez, and V. Dinavahi, "Dynamic harmonic domain modelling of synchronous machine and transmission line interface," *IET Gener. Transm. Distrib.*, vol. 5, no. 9, pp. 912-920, 2011.
- [22] سیما شاه محمدی، سیدحسین حسینی، ابراهیم بابایی، مهران صباحی و جابر فلاح، «آنالیز تحلیلی هارمونیک های خروجی اینورترهای چندسطحی در حالت کلیدزنی نامتقارن»، *مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز*، دوره 46، شماره 1-209، 219، 1395.
- [23] S. M. Mazhari, S. M. Kouhsari, A. Ramirez, and E. Karami, "Interfacing Transient Stability and Extended Harmonic Domain for Dynamic Harmonic Analysis of Power Systems," *IET Gener. Transm. Distrib.*, vol. 10, no. 11, pp. 2720-2730, 2016.
- [24] E. Karami, G. B. Gharehpetian and M. Madrigal, "A Step Forward in Application of Dynamic Harmonic Domain: Phase Shifting Property of Harmonics," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 32, no. 1, pp. 219-225, 2017.
- [25] E. Karami, S. M. Kouhsari, and S. M. Mazhari, "Dynamic Harmonic Analysis of Long Term over Voltages Based on Time Varying Fourier series in Extended Harmonic Domain," *Amirkabir Int. J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 48, no. 1, pp. 29-39, 2016.
- [26] E. Karami, M. Madrigal, and G. B. Gharehpetian, "Dynamic Harmonic Modeling and Analysis of VSC-HVDC Systems," *Amirkabir Int. J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 49, no. 1, pp. 41-52, 2017.
- [27] E. Karami, M. Madrigal, G. B. Gharehpetian, K. Rouzbehi and P. Rodriguez, "Single-Phase Modeling Approach in Dynamic Harmonic Domain," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 33, no. 1, pp. 257-267, 2018.
- [28] E. Karami, G. B. Gharehpetian, M. Madrigal and J. J. Chavez, "Dynamic Phasor-Based Analysis of Unbalanced Three-Phase Systems in Presence of Harmonic Distortion," *IEEE Trans. Power Syst.*, DOI: 10.1109/TPWRS.2018.2835820.

بشیر فله گری ۱ کارشناسی ارشد، بهنام درزی رامندی ۱ دکتری.
۱- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر - دانشگاه تربیت مدرس - تهران - ایران

چکیده

افزایش جمعیت و تبع آن افزایش سطح تقاضا انرژی الکتریکی به منظور تامین نیروی برق لازم در منازل، کارخانه ها و ... از یک طرف و از طرف دیگر هزینه بردار بودن احداث و تعمیر نیروگاه های سنتی در مقابل نیروگاه هایی که با انرژی های تجدید پذیر کار می کنند، سبب شده است امروزه جهت تامین این انرژی به سمت شبکه های کوچک یا همان ریز شبکه ها رفته شود. افزایش قابلیت اطمینان، در دسترس بودن منابع انرژی تمام ناشدنی و هزینه احداث پایین تر از جمله مزایای این گونه سیستم ها می باشد. از سوی دیگر وجود عدم قطعیت ها و اینرسی پایین سبب شده است کنترل این سیستم ها دیگر با روش های سنتی صورت نگیرد و روش های کنترلی پیچیده تری را طلب کند. واژگان کلیدی: ریز شبکه، کنترل ولتاژ، کنترل فرکانس، کنترل سلسله مراتبی

مقدمه

امروزه با افزایش تقاضای بار توسط مشترکین، سیستم های تولید انرژی الکتریکی به سمت نیروگاه های کوچک محلی به نام ریز شبکه سوق پیدا کرده است. ریز شبکه ها مزایای مهمی هم چون تامین انرژی الکتریکی در شرایط پیک بار، احداث و نگهداری ارزان تر و هم چنین افزایش قابلیت اطمینان سیستم های قدرت می شوند. از طرف دیگر اینرسی پایین ریز شبکه نسبت به شبکه اصلی و هم چنین تغییر وضعیت ریز شبکه از حالت اتصال به شبکه به حالت انفصال از شبکه و بالعکس، سبب می شود رویکردهای کنترلی پیچیده تری بر روی این سیستم ها پیاده سازی شود. از جمله موضوعات تحقیقاتی مهمی که بر روی ریز شبکه کار می شود می توان به مباحث کنترل ولتاژ، کنترل فرکانس، بهینه سازی و مدیریت انرژی، کنترل حملات سایبری و ... اشاره نمود. امروزه با توجه به پیشرفت ریز شبکه ها، مباحث جدیدتری به نام شبکه بندی ریز شبکه ها مطرح است. در این قسمت یک لایه کنترلی بیشتر نسبت به کنترل سه لایه ای قرار می گیرد و به معماری کنترل چهار سطحی تبدیل می شود. در واقع هدف از این کار ارتباط بین چندین ریز شبکه می باشد.

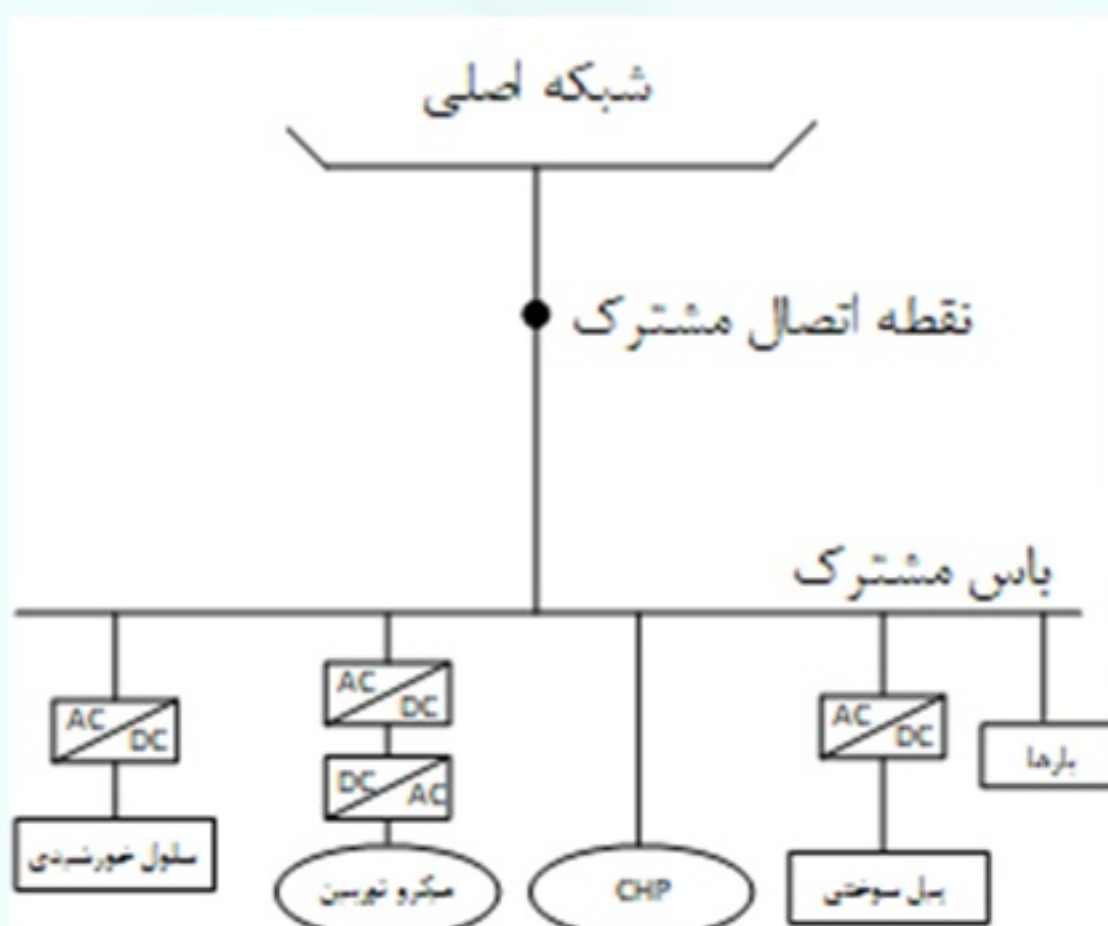
در این مقاله سعی می شود ابتدا اجزای اصلی یک ریز شبکه مختصرا مورد بحث قرار گیرد سپس به بیان کنترل سلسله مراتبی پرداخته شود و در آخر یک ریز شبکه آزمون مورد بحث قرار می گیرد.

۱-۱- بارها

بارها شامل بارهای پرمصرف و کم مصرف هستند. هدف ایجاد ریز شبکه، تامین انرژی الکتریکی این بارهای محلی می باشد. این بارها به دو صورت بحرانی (نیازمند توان با کیفیت و ریپل کم ولتاژ) و غیر بحرانی (قابل حذف در شرایط خاص) می باشند.

۲-۱- ذخیره کننده های انرژی

قسمت دیگر اجزای ریز شبکه، ادوات ذخیره کننده می باشد. همواره جهت حفظ تعادل توان بین تولید و مصرف، ذخیره کننده هایی همچون خازن ها، باتری های ذخیره انرژی و چرخ های طیار استفاده می شود. در واقع زمانی که توان الکتریکی بیش از نیاز مصرف کننده ها باشد این توان وارد قسمت ذخیره کننده ها می گردد و در شرایط قطعی ریز شبکه از شبکه سراسری می توان از قسمت ذخیره کننده ها جهت تامین بارهای محلی استفاده کرد. [۱]



شکل ۱: عناصر تشکیل دهنده ریز شبکه

۳-۱- تولید کننده های همزمان برق و حرارت

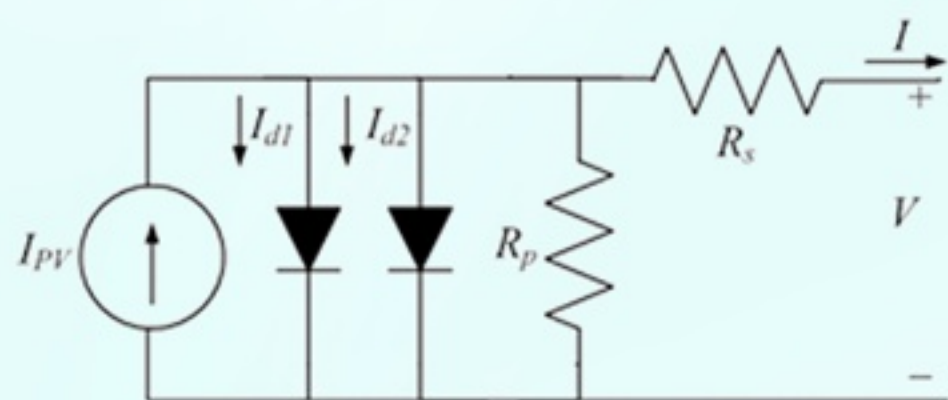
یکی دیگر از منابع تولید توان در ریز شبکه ها، تولید کننده همزمان برق و حرارت می باشد، که بارها را از لحاظ الکتریکی و گرمایی تغذیه می کند.

۱-۶- سلول های خورشیدی

سلول های خورشیدی متداول از نیمه هادی نوع n و نوع p ساخته شده اند. با اتصال یک نیمه هادی نوع p به یک نیمه هادی نوع n، الکترون از ناحیه n به ناحیه p و حفره از ناحیه p به ناحیه n منتقل می شود. با انتقال هر الکترون به ناحیه p، یک یون مثبت در ناحیه n و با انتقال هر حفره به ناحیه n، یک یون منفی در ناحیه p باقی می ماند.

با قرارگیری در معرض فوتون های نور خورشید با توجه به حرکت حفره ها و الکترون های آزاد جریانی در مدار برقرار می شود. با در نظر گرفتن این مفاهیم، مدل سازی سلول خورشیدی بدین صورت است که می توان آن را به صورت یک منبع جریان موازی با یک دیود نشان داد.

هنگامی که شدت نور تابیده شده به سطح سلول افزایش یابد، در این حالت جریانی متناسب با شدت نور ورودی به وسیله سطح سلول خورشیدی تولید می شود. این جریان نوری بین مقاومت متغیر دیود و بار با نسبتی که بستگی به مقاومت بار و شدت تابش دارد تقسیم می شود. مدار معادل یک سلول تک دیودی به صورت شکل (۴) می باشد. با این توضیحات و با استفاده از مدار معادل مربوط به سلول خورشیدی رابطه کلی به صورت رابطه (۲-۱) می باشد.



شکل ۴: مدار معادل یک سلول خورشیدی

$$I = I_L - I_0 \left(e^{\frac{q(N+IR_S)}{\eta KT}} - 1 \right) - \frac{V+IR_S}{R_{SH}} \quad (2-1)$$

در این رابطه k ثابت بولتزمن با مقدار 1.3806×10^{-23} ، q بار الکتریکی با ثابت 1.6022×10^{-19} ، ضریب ایده آلی دیود (معمولا بین ۱ تا ۲) و RS و RSH به ترتیب مقاومت های سری و موازی می باشد [۴].

۱-۷- کلیدهای اتصال

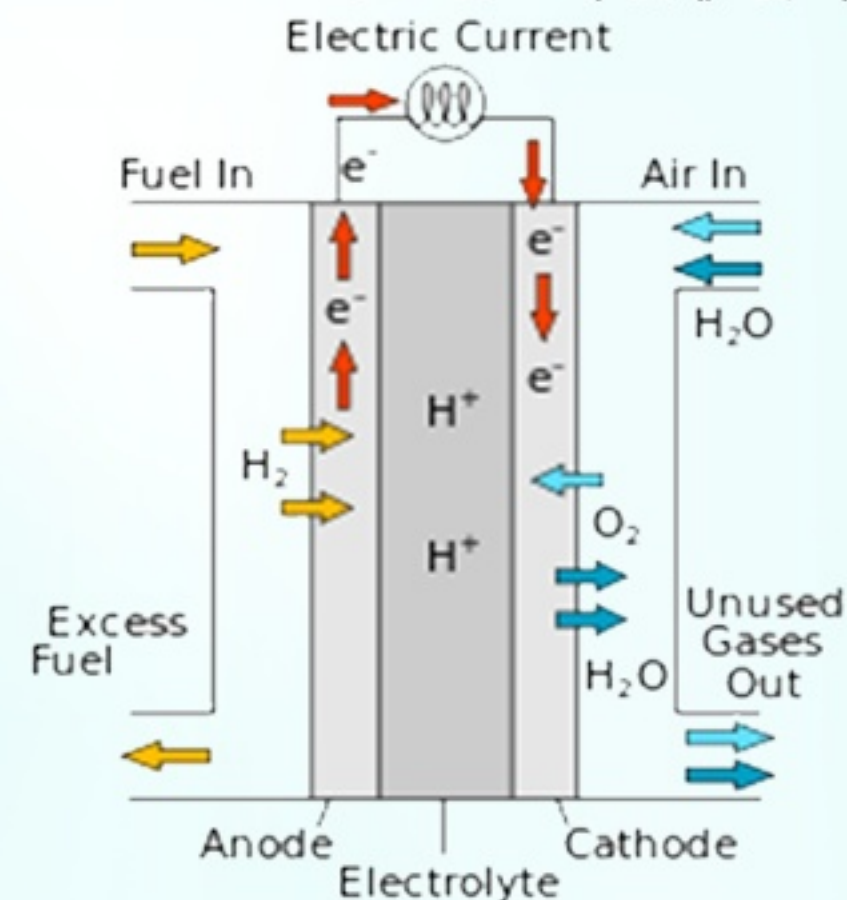
مد کاری ریزشبه به دو صورت متصل و منفصل می باشد که در حالت متصل ریزشبه نقاط مرجع کنترلی را از شبکه سراسری دریافت می کند و در حالت منفصل به صورت دستی این مقادیر را وارد سطوح کنترلی می کنیم. نحوه اتصال یا قطع اتصال توسط قطع کننده ها یا به اصطلاح بریکر در نقطه ی اتصال مشترک تحقق می یابد.

۲- ساختارهای کنترلی ریزشبه

ریزشبه ها در شرایط عادی به شبکه ی اصلی متصل هستند و می توانند با یکدیگر تبادل توان داشته باشند. معمولا شبکه به عنوان شین مرجع و بی نهایت (ولتاژ بالا و بدون تغییر) برای ریزشبه تلقی می شود و می تواند انرژی مورد نیاز ریزشبه را برای داشتن ولتاژ و فرکانس قابل قبول تأمین کند و ریزشبه در مواقع تولید توان مازاد آن را به شبکه تحویل می دهد.

سلول های سوختی

پیل سوختی اساسا وسیله ای است که سوخت (مانند هیدروژن، و ...) و اکسیدان (مانند هوا و اکسیژن) را به برق، آب و حرارت تبدیل می کند. ساختار داخلی از مکانیزم تولید توان در سلول های سوختی در شکل ۲ قابل مشاهده می باشد. به عبارت دیگر پیل سوختی شبیه یک باتری بوده، ولی برخلاف باتری نیازی به شارژ ندارد.



شکل ۲: ساختار یک پیل سوختی نمونه

۱-۵- سیستم های تبدیل انرژی بادی

می توان این گونه گفت که توان بادی، تبدیل انرژی باد به انرژی الکتریکی است. که این کار به وسیله ی توربین های بادی صورت می گیرد. شکل ۳ ساختار یک توربین بادی را نشان می دهد. نحوه بدست آوردن توان با استفاده از توربین های بادی را می توان به صورت زیر نشان داد:

$$P = \frac{1}{2} \rho A C_p v^3 \quad (1-1)$$

که در آن P توان تبدیلی به وات، ρ چگالی باد برحسب Kg/m^۳ و A مساحت سطح مقطع در برگیرنده ی پره های توربین برحسب m^۲، v سرعت باد برحسب m/s و C_p بازده نهایی توربین بادی، برابر ۵۹/۳ درصد می باشد [۳].



شکل ۳: ساختار یک توربین بادی

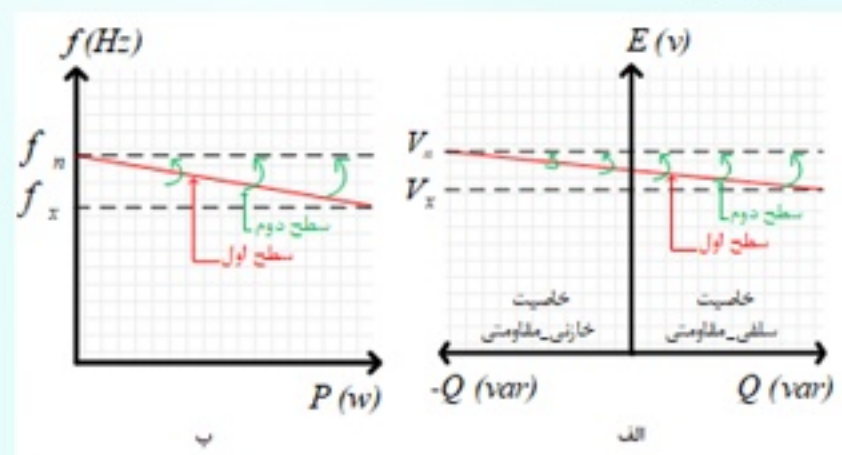
$$\omega = \omega^* - m_d P \quad (3-1)$$

$$V = V^* - n_d Q \quad (4-1)$$

۳-۲- کنترل ثانویه

به منظور تکمیل کردن وظیفه کنترل اولیه و جبران تغییرات ولتاژ و فرکانس، کنترل ثانویه پیشنهاد شده است. هدف از کنترل ثانویه به صفر رساندن تغییرات فرکانس و ولتاژی می باشد که در اثر تغییرات بار ایجاد می شود. در این قسمت تعیین نقطه ی کار اهمیت ویژه ای دارد. در حالت اتصال به شبکه این نقطه از طرف شبکه ی سراسری تعیین می شود و همچنین در حالت انفصال از روش تک عامله و چند عامله استفاده می شود.

در روش تک عامله یکی از منابع تولید پراکنده، ولتاژ و فرکانس مرجع را تولید می کنند و سایر منابع تولید از سیگنال مرجع تولید شده استفاده می کنند؛ اما در روش کنترل چند عامله تعدادی از منابع تولید پراکنده، وظیفه تامین سیگنال مرجع برای سایر منابع بر عهده دارند [۸،۹]. در زیر نمودارهای مربوط به این سطح کنترلی آورده شده است.



شکل ۶: نحوه ی بازیابی فرکانس و ولتاژ در سطح دوم

$$\delta f_{DG_k} = k_{pf} (f_{MG}^* - \bar{f}_{DG_k}) + k_{if} \int (f_{MG}^* - \bar{f}_{DG_k}) dt \quad (5-1)$$

$$\delta E_{DG_k} = k_{pe} (E_{MG}^* - \bar{E}_{DG_k}) + k_{ie} \int (E_{MG}^* - \bar{E}_{DG_k}) dt \quad (6-1)$$

$$\delta Q_{DG_k} = k_{pq} (Q_{MG}^* - \bar{Q}_{DG_k}) + k_{iq} \int (Q_{MG}^* - \bar{Q}_{DG_k}) dt \quad (7-1)$$

که در روابط فوق داریم :

$$\bar{f}_{DG_k} = \frac{\sum_{i=1}^N f_{DG_k}}{N} \quad \bar{E}_{DG_k} = \frac{\sum_{i=1}^N E_{DG_k}}{N} \quad \bar{Q}_{DG_k} = \frac{\sum_{i=1}^N Q_{DG_k}}{N}$$

۳-۳- کنترل ثالثیه

وظیفه ی این سطح کنترلی جامع تر از حلقه های دیگر است. این قسمت مدیریت مبادله توان بین ریزشبهه و شبکه اصلی و یا سایر ریزشبهه ها را بر عهده دارد. در واقع دیسپاچینگ توان را از لحاظ اقتصادی کنترل می کند.

در واقع کنترل سطح سوم یا همان ثالثیه بدین صورت است که با ایجاد یک لایه ی ارتباطی و مخابراتی بین سطوح اول و دوم، اطلاعات آنها را جمع آوری می کند و سیگنال های کنترلی لازمه را ارسال می کند. این سطح از کنترل میزان توان مبادله شده بین ریزشبهه و شبکه اصلی را در حالت بهینه خود قرار می دهد. در شکل زیر که از مرجع [۱۵] آورده شده است به خوبی سه سطح کنترلی سلسله مراتبی را به نمایش می گذارد.

با توجه به دو حالت انفصال و اتصال ریزشبهه با شبکه اصلی در هنگام قطع و وصل، سیستم دچار مشکل می شود. با توجه به اینرسی پایین ریزشبهه، با کوچک ترین اغتشاش سیستم به سمت ناپایداری میل می کند. برای غلبه بر این مشکلات رویکردهای کنترلی متنوعی ارائه شده است. که در زیر به صورت مختصر به آن پرداخته می شود.

۱-۲- کنترل مرکزی

در این قسمت تمامی اطلاعات از منابع تولید، مصرف و ... به سمت کنترل کننده ی مرکزی می رود و در آنجا سیگنال های دریافتی تحلیل می شوند، تصمیمات نهایی گرفته شده و برای عملگرها ارسال می شود. همچنین توزیع و تقسیم توان بین منابع تولید را نیز انجام می دهد [۵].

۱-۲- کنترل غیرمتمرکز

در این روش از کنترل ریزشبهه، دیگر از یک کنترل مرکزی استفاده نمی شود. در واقع هر تولیدکننده با استفاده از سیگنال های دریافتی محلی عمل می کند. چون به شبکه ی اصلی متصل نیست پس نقطه ی مرجع کنترلی کلی در دسترس نیست. در واقع هیچ منبعی مقدارش به عنوان مرجع نمی باشد. مزیت این حالت این است که اگر یک منبع از مدار خارج شود خللی در امر کنترل دیگر منابع ایجاد نمی شود و تمام کنترل کننده ها از نظر اهمیت در یک سطح هستند. از جمله معایب این روش می توان به پیچیده شدن محاسبات کنترلی اشاره کرد.

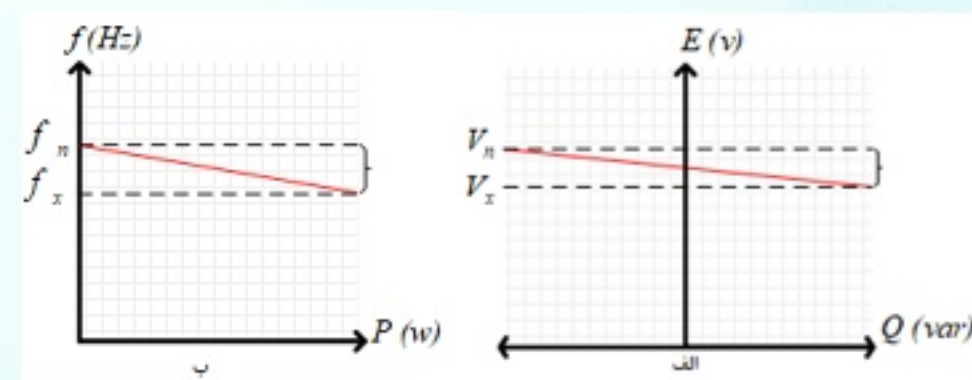
۳- کنترل سلسله مراتبی

سه سطح مهم از کنترل سلسله مراتبی، شامل کنترل اولیه، ثانویه و ثالثیه در ادامه توضیح داده شده است [۶].

۱-۳- کنترل اولیه

این سطح کنترلی به کنترل دروپ شهرت دارد و اصول کارکرد آن را از گاورنرهای ژنراتورهای سنتی اقتباس کرده اند. پایه و اساس عملیات کنترلی در یک ریزشبهه توسط کنترل اولیه صورت می گیرد، چرا که هدف این قسمت کنترل منابع تولید پراکنده است. همچنین حلقه امپدانس مجازی در این ناحیه قرار دارد. هیچ گونه لینک مخابراتی با سایر شبکه های مجاور در این قسمت وجود ندارد.

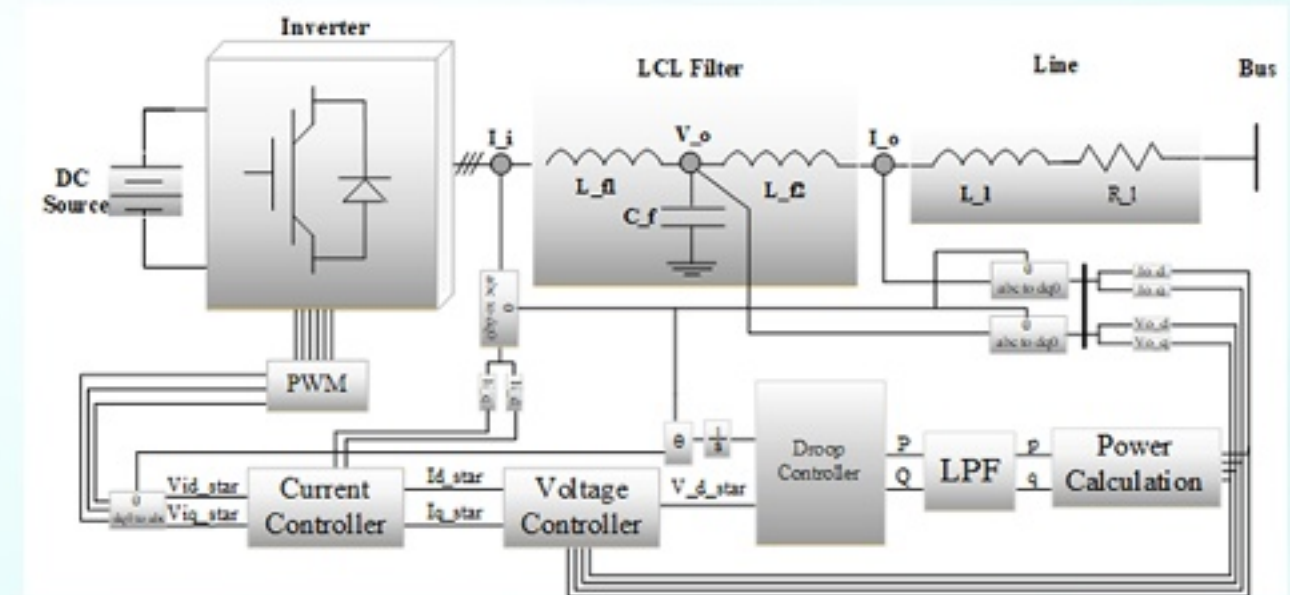
هدف اصلی این قسمت تولید ولتاژ و فرکانس مناسب منابع جهت بهترین عملکرد کاری سیستم می باشد. اگر تعداد منابع تولید بیشتر شود نقش این سطح کنترلی نیز بیشتر می شود. اما این حلقه به تنهایی نمی تواند ریزشبهه تحت بار را کنترل کند. جهت تکمیل این عیب به سراغ کنترل سطح دوم یا ثانویه می رویم [۷]. در زیر نمودار ولتاژ برحسب توان راکتیو و فرکانس بر حسب توان اکتیو آورده شده است. که نشان می دهد توان اکتیو را به وسیله فرکانس و راکتیو را به وسیله ولتاژ کنترل می کنند.



شکل ۵: نمودار کنترل دروپ

۴- بررسی ریزش شبکه آزمون

در این روش بلوک دیاگرام کنترل کننده ها که به سه قسمت کنترل توان، کنترل ولتاژ و کنترل جریان تقسیم بندی می شوند آورده شده است.



شکل ۷: بلوک دیاگرام کنترل سطح اول یک منبع پراکنده در ریزش شبکه

با توجه به شکل فوق بعد از اینورتر فیلتر LC را مشاهده می کنیم که هدف تنظیم ریپل ولتاژ خروجی و حذف هارمونیک های جریانی می باشد. ابتدا مقادیر اندازه گیری شده ولتاژ و جریان شبکه وارد قسمت کنترل کننده توان می شود که توان اکتیو و راکتیو و طبق مفاهیم کنترل دروپ که بالاتر توضیح داده شد مقادیر ولتاژ و فرکانس تولید می شود. خروجی کنترل کننده توان، ولتاژهای مربوط به محورهای d و q می باشد که این پارامترها وارد کنترل کننده ولتاژ می شوند. در قسمت کنترل کننده ولتاژ، ولتاژ تولید شده توسط کنترل کننده توان با مقادیر ولتاژ شبکه اصلی مقایسه می شوند و اختلاف این مقادیر به کنترل کننده تناسبی انتگرالی داده می شود.

خروجی کنترل کننده ولتاژ، جریان های محور d و q می باشد که وارد کنترل کننده جریان می شود و در آنجا این مقادیر با جریان های شبکه مقایسه می شوند و اختلاف این مقادیر به کنترل کننده تناسبی انتگرالی داده می شود. سرانجام سیگنال ولتاژ کنترلی تولید می شود و این سیگنال به سمت اینورتر می رود. جهت مشاهده خروجی های شبکه آزمون به مرجع [۱۷] مراجعه شود.

مراجع

- [۱]: H. Bevrani, T. Ise, and Y. Miura, "Virtual synchronous generators: A survey and new perspectives," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. ۵۴, pp. ۲۰۱۴, ۲۵۴-۲۴۴.
- [۲]: P. Mercier, R. Cherkaoui, and A. Oudalov, "Optimizing a battery energy storage system for frequency control application in an isolated power system," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. ۲۴, no. ۳, pp. ۲۰۰۹, ۱۴۷۷-۱۴۶۹.
- [۳]: G. Lalor, A. Mullane, and M. O'Malley, "Frequency control and wind turbine technologies," *IEEE Trans. power Syst.*, vol. ۲۰, no. ۴, pp. ۲۰۰۵, ۱۹۱۳-۱۹۰۵.
- [۴]: K. Ishaque, Z. Salam, and A. Shamsudin, "Application of particle swarm optimization for maximum power point tracking of PV system with direct control method," in *IECON ۳۷-۲۰۱۱th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, ۲۰۱۱, pp. ۱۲۱۹-۱۲۱۴.
- [۵]: J. M. Lee, "Islanding detection methods for microgrids." Ms. Thesis, University of Wisconsin-Madison, ۲۰۱۱.
- [۶]: H. Bevrani, "Robust power system frequency control," ۲۰۱۴.
- [۷]: I. Şerban and C. Marinescu, "Aggregate load-frequency control of a wind-hydro autonomous microgrid," *Renew. Energy*, vol. ۳۶, no. ۱۲, pp. ۲۰۱۱, ۳۳۵۴-۳۳۴۵.
- [۸]: A. Mehrizi-Sani and R. Iravani, "Potential-function based control of a microgrid in islanded and grid-connected modes," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. ۲۵, no. ۴, pp. ۲۰۱۰, ۱۸۹۱-۱۸۸۳.
- [۹]: H. Bevrani, F. Habibi, P. Babahajyani, M. Watanabe, and Y. Mitani, "Intelligent frequency control in an AC microgrid: Online PSO-based fuzzy tuning approach," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. ۳, no. ۴, pp. ۲۰۱۲, ۱۹۴۴-۱۹۳۵.
- [۱۰]: P. H. Petkov, N. D. Christov, and M. M. Konstantinov, "Robust real-time control of a two-rotor aerodynamic system," *IFAC Proc. Vol.*, vol. ۴۱, no. ۲, pp. ۲۰۰۸, ۶۴۲۷-۶۴۲۲.
- [۱۱]: G. Zames and B. Francis, "Feedback, minimax sensitivity, and optimal robustness," *IEEE Trans. Automat. Contr.*, vol. ۲۸, no. ۵, pp. ۱۹۸۳, ۶۰۱-۵۸۵.
- [۱۲]: H. Bevrani, M. R. Feizi, and S. Ataei, "Robust Frequency Control in an Islanded Microgrid: H_{∞} and μ -Synthesis Approaches," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. ۷, no. ۲, pp. ۲۰۱۵, ۷۱۷-۷۰۶.
- [۱۳]: K. Dahech, M. Allouche, T. Damak, and F. Tadeo, "Backstepping sliding mode control for maximum power point tracking of a photovoltaic system," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. ۱۴۳, pp. ۲۰۱۷, ۱۸۸-۱۸۲.
- [۱۴]: B. Arbab-Zavar, E. J. Palacios-Garcia, J. C. Vasquez, and J. M. Guerrero, "Smart Inverters for Microgrid Applications: A Review," *Energies*, vol. ۱۲, no. ۵, p. ۲۰۱۹, ۸۴۰.

- [۱۵]: Josep M. Guerrero, Senior Member, IEEE, Juan C. Vasquez, José Matas, Luis García de Vicuña, and Miguel Castilla, "Hierarchical Control of Droop-Controlled AC and DC Microgrids—A General Approach Toward Standardization," ۲۰۱۱, ۲۵۴-۲۴۴.
- [۱۶]: Qobad Shafiee, Student Member, IEEE, Josep M. Guerrero, Senior Member, IEEE, and Juan C. Vasquez, Member, IEEE Distributed Secondary Control for Islanded MicroGrids - A Novel Approach, ۲۰۱۴
- [۱۷]: A. Bidram, A. Davoudi, and F. L. Lewis, "A multiobjective distributed control framework for islanded AC microgrids," *IEEE Trans. Ind. informatics*, vol. ۱۰, no. ۳, pp. ۲۰۱۴, ۱۷۹۸-۱۷۸۵.

الناز فیروزمند ۱

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کنترل، دانشکده برق دانشگاه امیر کبیر

چکیده

خودروهای هوشمند در آینده ی سیستم‌های حمل و نقل نقش بسزایی خواهند داشت. افزایش ایمنی و بهره‌وری در حرکت، همچنین کاهش ترافیک و آلودگی هوا ناشی از انتشار گازهای سمی از مزایای بهره‌گیری از این سیستم‌ها می‌باشد. سیستم اتومبیل خودران قابلیت برنامه‌ریزی حرکت با وجود موانع دینامیکی را داشته و این امر حاصل یک طراحی یکپارچه در زمینه تولید مسیر و کنترل می‌باشد. آنچه در این مقاله به آن پرداخته خواهد شد، مروری بر بخش‌های مهم در لایه‌های طراحی این سیستم‌ها و آشنایی با برخی روش‌های معمول به کارگرفته در آن‌ها است.

مقدمه

امروزه با پیشرفت فناوری شاهد هوشمندسازی سیستم‌ها در بسیاری از حوزه‌های صنعتی و تجاری هستیم. نمونه‌هایی از آن را میتوان در هواپیماهای باری شرکت Amazon مشاهده نمود که منحصراً برای ارسال محموله‌های باری این شرکت به مشتریان طراحی شده است و توانایی پرواز کاملاً خودکار و بدون دخالت انسان را دارد؛ به گونه‌ای که محصول را در زمانبندی مشخص و دقیق به مقصد میرساند. پروژه‌های خودروی خودران گوگل [۱] و سیستم خودگردان تسلا [۲] از دیگر مواردی هستند که در رسانه‌ها نیز توجه زیادی را به خود جلب نموده‌اند. به علاوه، با پیشرفت حوزه‌هایی نظیر اینترنت اشیا و افزایش ظرفیت محاسبات ابری، سیستم‌های مخابراتی و شبکه‌های حسگری، اشیا در حوزه‌های مختلف دیگری اعم از سلامت، کشاورزی، رباتیک و ... به صورت فعال در جمع‌آوری اطلاعات و پردازش آنها نقش یافته‌اند و قادرند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. به مجموعه این سیستم‌ها که دارای بخش‌ها یا پروسه‌های فیزیکی با توصیف دینامیک پیوسته بوده و با واحدهای محاسباتی با مدل گسسته از طریق یک زیرساخت ارتباطی غیرایده‌آل در ارتباط هستند سیستم‌های سایبرفیزیکال گفته می‌شود [۳].

طراحی و کنترل خودروهای خودران و نیمه خودران یکی از حوزه‌های فعال در زمینه تحقیقات سیستم‌های سایبرفیزیکال می‌باشد و در سال‌های اخیر پیشرفت شگرفی داشته است. با بهره‌گیری از خودروهای هوشمند و مجهز به حسگرهای پیشرفته، امکان تصادفات به حداقل میزان خود خواهد رسید. به علاوه، ظرفیت جاده‌ها با بهره‌گیری از فناوری خودروهای پلتون افزایش می‌یابد و شاهد کاهش ترافیک در جاده‌های شهری خواهیم شد [۴]. همچنین، بررسی وضعیت جاده‌ها اعم از خرابی‌های موقت جاده‌ای، شرایط یخبندان، نشت مواد روغنی و لغزنده و اتومبیل‌های پارک شده یا تصادفات در جاده‌های شهری و اتوبان‌ها به صورت هوشمند از طریق شبکه ارتباطی هوشمند به مراکز کنترلی گزارش شده و به سرعت بررسی می‌شود. به دلیل استفاده بهینه از خودروها، مصرف سوخت به میزان زیادی کاهش می‌یابد و آلودگی هوا و انتشار گازهای سمی در شهرهای پرجمعیت و پرترافیک با کاهش جدی روبرو خواهد شد.

در این مقاله هدف آشنایی با روند طراحی سیستم خودروهای هوشمند و الگوریتم‌های مورد استفاده در آنها می‌باشد. این فرآیند در یک دسته بندی جامع، شامل سه بخش ادراک و سلسله مراتب تصمیم‌گیری حرکت، کنترل می‌شود [۵]



در بخش اول، روشهای جمع‌آوری و تبادل اطلاعات در خودروهای هوشمند ارائه می‌شود. سپس، در بخش دوم، با نحوه تولید و برنامه‌ریزی حرکت آشنا خواهیم شد و در آخر به مساله کنترل این سیستم‌ها پرداخته خواهد شد.

۱. ادراک (perception)

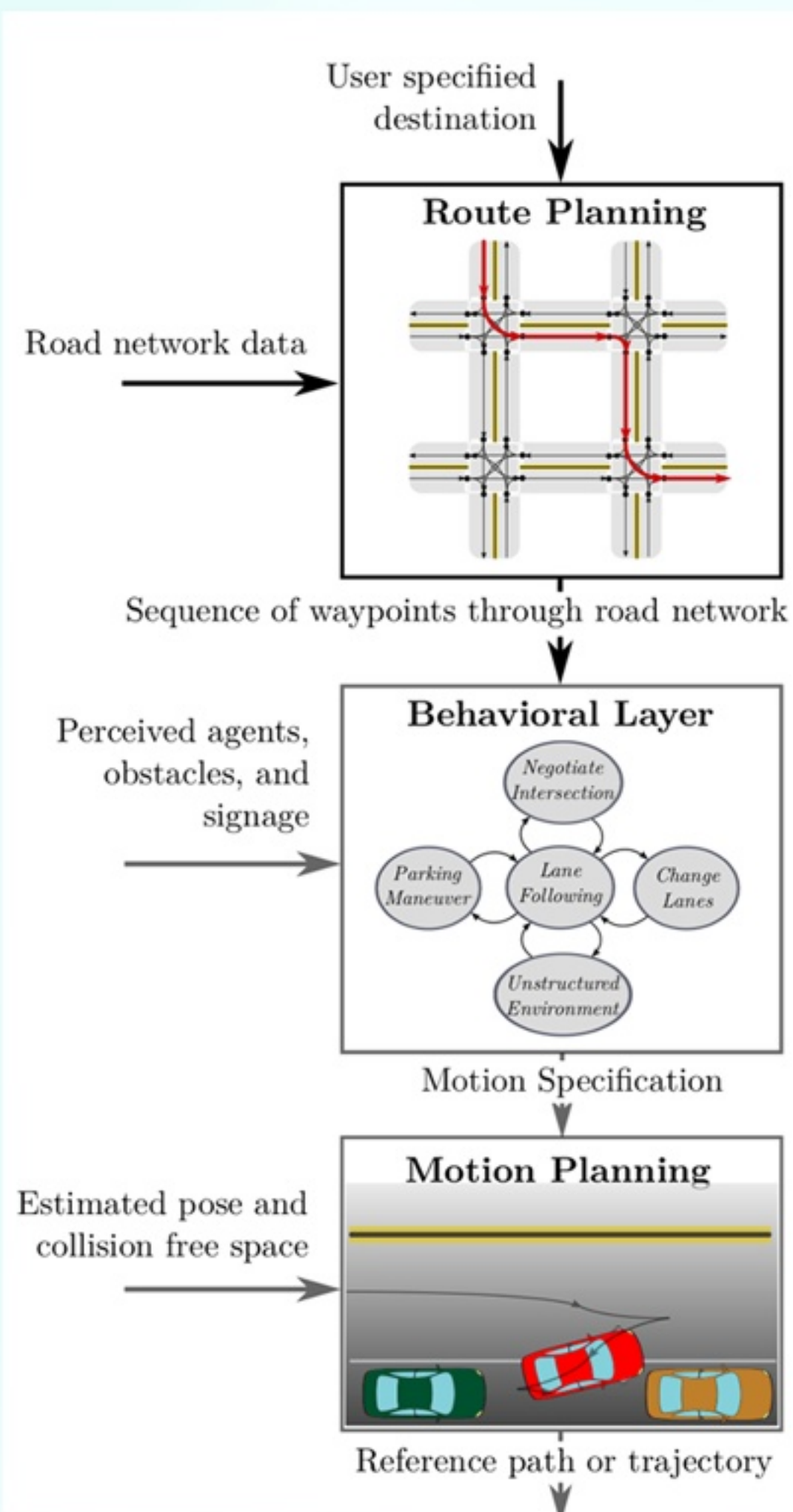
آیا ما قادر خواهیم بود تا خودروهای هوشمند با امنیت بالا طراحی کنیم؟ اولین گام برای رسیدن به این هدف توانمندسازی خودرو برای درک محیط اطراف می‌باشد. راهکارهای موجود به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند: روشهای مبتنی بر حسگرها و روش‌های مبتنی بر ارتباط بین خودروها [۶].

a. روش‌های مبتنی بر حسگرها

حسگرها به مثابه سیستم بینایی و شنوایی خودرو هستند و باید قادر باشند در طول شبانه روز درک صحیحی را از محیط پیرامون در اختیار سیستم کنترلی اتومبیل قرار دهند. دوربین‌های حساس به گرما یا دوربین‌های فرورسوخ می‌توانند در عملیات تشخیص موانع و جاده‌ها در شرایط نوری متفاوت محیطی به خوبی عمل کنند. بنابراین، وسایل نقلیه موتوری یا اشیای جاندار اعم از عابران پیاده، دوچرخه سوارها و حیوانات به دلیل تابش انرژی گرمایی به خوبی توسط این دوربین‌ها قابل شناسایی هستند. دوربین‌های صوتی نیز قابلیت شناسایی منابع صوت و شدت آن را به صورت زمان حقیقی دارند. در نتیجه، استفاده از دوربین‌های حساس به گرما و صوت در کنار هم باعث افزایش کیفیت درک محیطی و همچنین بهبود برنامه‌ریزی حرکت خواهند شد. اما در هر صورت کیفیت اطلاعات و قابلیت اطمینان در داده‌های دریافتی، وابسته به شرایط آب و هوایی است.

در حال حاضر، صنایع خودروسازی بر گسترش این روش‌ها برای افزایش امنیت رانندگی در سرعت‌هایی که امکان خطای راننده در حالت بیشینه است تمرکز دارند. به عنوان مثال، در سرعت‌های بسیار پایین که راننده در ترافیک‌های شهری با آن روبرو می‌شود و یا در سرعت‌های بسیار بالا که در حال رانندگی در آزاد راه‌های طولانی می‌باشد. این سیستم‌ها با نام سیستم‌های دستیار راننده پیشرفته شناخته می‌شوند و به طور خاص به سنسورهای هوشمند و پیشرفت‌های مانند دوربین‌های استریو، لایدار یا رادارهای با برد کوتاه و بلند همراه با واحدهای محاسباتی، کنترل و نرم‌افزاری برای نظارت و پاسخگویی به محیط اطراف مجهز هستند.

مکان خودرو و محیط اطراف آن به دست می آید. این اطلاعات در نهایت به عنوان داده های ورودی فرآیند تصمیم گیری استفاده میشوند. این فرآیند به صورت کلی به سه لایه تقسیم بندی میشود (شکل 1).



شکل (1) سلسله مراتب تصمیم گیری حرکت و کنترل [9]

در بالاترین سطح و در لایه برنامه ریزی خط سیر خودرو، مسیر کلی حرکت با توجه به نقشه جامع راه ها و موقعیت فعلی خودرو به صورت نقاط گسسته به دست می آید. در این بخش، شبکه راهی به صورت یک گراف جهت دار و دارای وزن، مدل شده و هر لبه گراف، متناظر با هزینه سفر و سایر پارامترهای مهم در آن بخش از جاده وزندهی میشود. بنابراین، یافتن مسیر حرکت به صورت مساله یافتن مسیری با کمینه هزینه در گراف متناظر مدل میشود.

لایه تصمیم گیری رفتاری با استفاده از نقاط خط سیر به دست آمده و با توجه به ترافیک موجود در جاده، رفتار سایر خودروها و سیگنال های دریافتی از زیرساخت های هوشمند، نوع رفتار خودرو را تعیین میکند. این رفتار میتواند شامل رفتارهایی نظیر گردش به راست، دنبال کردن مسیر فعلی، انحراف از مسیر و وضعیت پارک خودرو باشد و به طور کلی شامل تصمیماتی میشود که شخص راننده برای هدایت خودرو از یک نقطه مشخص به نقطه دیگر اتخاذ میکند. با توجه به ماهیت رفتارهای مورد نظر برای یک خودرو، به لحاظ مدل سازی میتوان آن

بنابراین خدماتی چون سیستم هشدار از پشت خودرو، دستیار ترافیک و پارک خودرو برای سرعت های پایین و سیستم کنترل کروز تطبیقی، کشف نقاط کور و انحراف از مسیر جاده نیز از جمله خدمات سیستم دستیار راننده برای سرعت های بالای خودرو است. سیستم های حسگری کنونی اگر چه به عنوان دستیار راننده موفق بوده اند اما هنوز استفاده از آن ها در خودروهای کاملا خودران همراه با هزینه بسیار زیاد میباشد. از سویی دیگر استفاده از الگوریتم های پیچیده هوش مصنوعی و تلفیق داده های سنسوری برای درک کامل و سه بعدی محیط اطراف به گونه ای که جایگزین انسان باشد، در یک تخمین سرانگشتی نیازمند 16 سال آموزش تجربه بشری است.

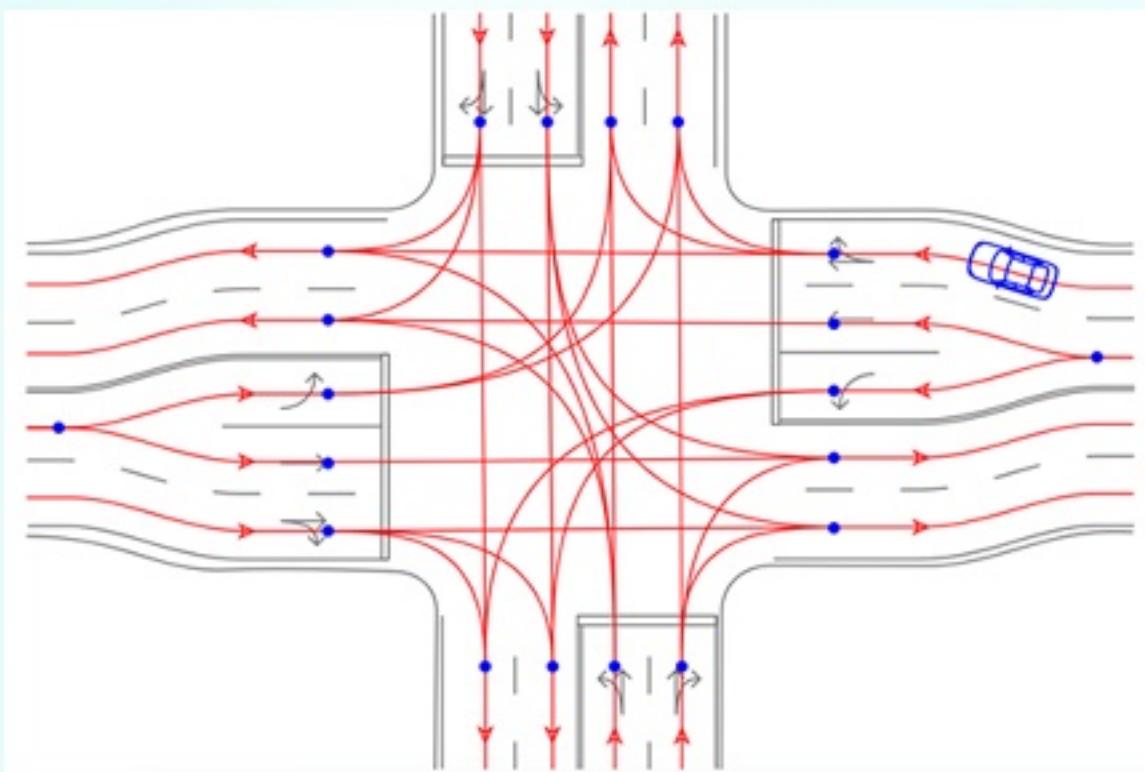
b. روش های مبتنی بر ارتباط بین خودروها

ایده ایجاد شبکه های ارتباطی بین خودروها، برای اولین بار به منظور افزایش افق ادراکی خودروها به دلیل محدودیت های موجود در فناوری حسگرها و همچنین افزایش هوشمندی صورت پذیرفت. به این ترتیب، خودروها از طریق ارتباط V2V با خودروهای دیگر، V2I با زیرساخت های شهری مثل چراغ های راهنمایی و از طریق ارتباطات V2D با سایر اعضای غیرموتوری در ترافیک شهری مثل عابران پیاده و دوچرخه سواران قادر به برقراری ارتباط هستند. به مجموعه این ارتباطات V2X نیز گفته میشود. شبکه های ارتباطی اشاره شده با استفاده از فناوری هایی نظیر Wi-Fi، Wi-Max، Bluetooth و به طور ویژه ارتباط DSRC قابل پیاده سازی هستند. DSRC از امواج رادیویی استفاده میکند و در حال حاضر به عنوان بستر ارتباطی بی سیم قابل قبول در ارتباطات بین خودرویی V2V میباشد. این پروتکل در فرکانس 5.9GHz کار میکند و از استانداردهایی نظیر SAE J2735 و IEEE 1609 نیز پیروی میکند. البته استفاده از این پروتکل در خودروهای خودران به صورت تجاری و خارج از محدوده ی آزمایشگاهی دارای محدودیت هایی میباشد. به منظور ارتباط V2I نیازمند آن هستیم تا زیرساخت های شهری با سیستم های ارسال و دریافت با قابلیت پشتیبانی از DSRC تجهیز شوند. طبیعتاً بحث هزینه یکی از موانع پیش رو خواهد بود و یکی از راهکارهای موجود استفاده از زیرساخت های هوشمند در تقاطع های پرخطر و حساس برای جلوگیری از تصادفات می باشد. راهکار دیگر استفاده از فناوری مخابراتی سلولی برای ارتباطات با برد ارتباطی بالاتر و DSRC برای ارتباطات برد کوتاه است. اما استفاده از این تکنولوژی در مقایسه با DSRC دارای مشکلاتی نظیر تاخیر زیاد و محدودیت پهنای باند است و برای کاربردهای ایمنی محور مناسب نمیشود. نکته حائز اهمیت در روشهای مبتنی بر ارتباط بین خودروها، ضعف در بخش تشخیص اشیای ناشناخته و غیرهوشمند یا افراد میباشد که در این بخش نیازمند بهره گیری از روش های مبتنی بر حسگرها به صورت موازی هستیم که در نهایت به ایده ترکیبی از هر دو روش منجر میشود.

2. سلسله مراتب تصمیم گیری حرکت در خودروهای هوشمند

چگونه اطلاعات دریافتی از محیط منجر به تولید یک مسیر بهینه و عملی برای هدایت خودرو از مبدا به مقصد میشود؟ داده ها توسط بخش ادراک در سیستم اتومبیل خودران دریافت شده و همراه با اطلاعات موجود در رابطه با شبکه راهی، قوانین ترافیکی، دینامیک خودرو و مدل سنسورهای مورد استفاده پردازش میشود و تخمینی از مکان خودرو و محیط اطراف آن به دست می آید. این اطلاعات در

مشهورترین آن‌ها الگوریتم A^* می‌باشد [۱۰]. اغلب، عملیات جستجوی کوتاه‌ترین مسیر از محل فعلی خودرو به ناحیه هدف با هر بار به روزرسانی داده‌های سنسورها مجدداً تکرار می‌شود و از آنجایی که این به روزرسانی تنها بخش کوچکی از مدل گراف را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اجرای الگوریتم جستجو از ابتدا بیهوده خواهد بود. بنابراین، خانواده‌های از الگوریتم‌های جستجوی با قابلیت باز برنامه‌ریزی حرکت در زمان حقیقی مانند D^* [۱۱]، $Focussed D^*$ [۱۲] و $D^* Lite$ [۱۳] و الگوریتم‌های پیشرفته‌تر ADA^* [۱۴] به منظور تعامل با محیط‌های دینامیک گسترش یافته‌اند.



شکل ۲ گراف خطوط جاده‌های [۹]Z

b. روش‌های مبتنی بر جستجوی افزایشی

این روش‌ها بر مبنای نمونه برداری از فضای کاری و ایجاد یک گراف دسترسی پذیر همراه با مسیرهای انتقالی عملی به صورت افزایشی می‌باشد. به محض این که گراف به اندازه‌های بزرگ شود که حداقل یکی از نقاط ناحیه هدف را در بر گیرد، [۱۱] مسیر مطلوب بین ناحیه شروع و هدف، با دنبال کردن مسیرهای انتقالی بین گره‌ها تشکیل می‌شود. به منظور افزایش سرعت جستجو، اطلاعات به دست آمده از جستجوهای قبلی می‌توانند مجدداً مورد استفاده قرار گیرند. در ادامه به معرفی الگوریتم جستجوی RRT در این روش می‌پردازیم:

الگوریتم کلی این روش را در جدول ۱ مشاهده کنید. G یک درخت گراف توپولوژیکال است، C فضای کاری و x_{random} مختصات نمونه برداری شده به صورت تصادفی در فضای کاری است. x_{near} نزدیک‌ترین مختصات به x_{random} به لحاظ فاصله متریک می‌باشد. u ورودی اتخاذ شده برای کمینه نمودن فاصله بین دو نقطه انتخاب شده است و تضمین می‌کند که این نقطه در فضای x_{free} قرار داشته باشد. بنابراین x_{new} با اعمال u در بازه زمانی Δt به عنوان گره جدید به درخت اضافه می‌شود و این روند تا رسیدن به نقطه هدف ادامه خواهد داشت (شکل ۳). این الگوریتم قابلیت پیاده‌سازی در زمان حقیقی را دارد؛ اما مسیرهای منقطع تولید می‌کند و دارای بار محاسباتی بالا در بالا در چک کردن عدم برخورد در حضور ترافیک‌های سنگین یا تعداد زیاد موانع حرکتی در هر مرحله گسترش گره‌ها می‌باشد [۱۱]. یکی از نمونه‌های توسعه یافته این روش، الگوریتم RRT^* می‌باشد که بهینگی مسیر تولید شده را تضمین می‌کند [۱۲]. در این روش تمام ارتباطات شدنی بر اساس هزینه انتقال بررسی می‌شوند و تنها گره‌هایی که در مسیرهای با کمینه هزینه حضور دارند به درخت جستجو اضافه می‌شوند.

به صورت یک ماشین حالت محدود مدل و کنترل نمود. ابزارهای قدرتمندی نظیر Stateflow در جعبه ابزار سیمولینک متلب قابلیت پیاده‌سازی چنین مدل‌هایی را می‌دهند. نکته مهم در این لایه، در نظر گرفتن نایقینی موجود در رفتار سایر خودروها و عابران پیاده در محدوده شهری است. پیشبینی رفتار و تخمین مسیر آنها همواره باید در تصمیم‌گیری مورد مطالعه قرار گیرند. تکنیک‌های یادگیری ماشین، مدل‌های ترکیبی گوسین [۷] و رگرسیون پروسه گوسین [۸] از جمله مواردی هستند که در خودروی خودران گوگل به منظور پیشبینی نایقینی‌های محیطی استفاده شده‌اند. این نایقینی را میتوان در دل مدلسازی در لایه تعیین رفتار نیز با فرمول بندی مساله در قالب مدل MDP و POMDP بیان نمود.

در لایه برنامه‌ریزی حرکت با توجه به رفتار اتخاذ شده یک مسیر پیوسته و امن را برای رسیدن به مقصد تولید می‌شود. این مازول، اطلاعات مربوط به موانع ثابت و متحرک اطراف خودرو را دریافت کرده و مسیری با ویژگی عدم برخورد با آن‌ها را تولید مینماید؛ به طوری که قيود دینامیکی و سینماتیکی مربوط به حرکت خودرو را نیز برقرار سازد.

روشهای عددی برای برنامه‌ریزی مسیر حرکت در حالت کلی در دو دسته کلی تقسیم بندی میشوند: روش‌های مبتنی بر جستجوی گراف و روش‌های مبتنی بر جستجوی افزایشی.

a. روش‌های مبتنی بر جستجوی گراف

در روش‌های مبتنی بر جستجوی گراف، فضای کاری پیوسته خودرو به صورت یک گراف گسسته مدل می‌شود. فرض کنید $G = (V, E)$ گراف متناظر با فضای کاری باشد. $V \subset X$ مجموعه گسسته‌ای از فضای کاری مورد نظر می‌باشد و راس‌های گراف را تشکیل می‌دهد. $E = \{(o_i, d_i, \sigma_i)\}$ معرف مجموعه یال‌هاست؛ به طوری که در آن $o_i \in V$ مبدا یال، d_i مقصد یال و σ_i نیز بخشی از مسیر متصل کننده σ_i به d_i می‌باشد. بنابراین، فرض می‌شود که بخش σ_i اتصال دهنده دو راس $\sigma_i(0) = o_i$ و $\sigma_i(1) = d_i$ می‌باشد. همچنین، فرض می‌شود فضای حالت اولیه (x_{init}) یک راس از این گراف باشد و یال‌ها به نحوی تشکیل می‌شوند که بخش‌های متمایز مسیر که متناظر با آنها می‌باشد، ضمن برقراری قيود تفاضلی، به طور کامل در کل فضای کاری مجاز (x_{free}) قرار گیرد. در نتیجه، با اتصال بخش‌های مسیری مختلف متناظر با یال‌های گراف، میتوان یک مسیر عملی را برای حرکت خودرو تولید نمود.

توجه نمایید که راه‌های بسیاری برای گسسته‌سازی فضای حرکتی خودرو و تشکیل گراف وجود دارد. یک روش معمول، استفاده از گراف خطوط جاده‌ای است که این گراف زمانی که مساله برنامه‌ریزی حرکت در شبکه جاده‌ای سازمان یافته تحت شرایط عادی مورد نظر باشد، استفاده می‌شود. بخشی از این گراف با توجه به نقشه‌های سطح بالای شبکه‌های خیابانی به صورت الگوریتم وار تولید شده و بخشی از آن نیز توسط انسان ویرایش می‌شود (شکل ۲). پس واضح است که نمیتوان از این گراف برای برنامه‌ریزی حرکت با وجود موانع استفاده کرد [۹]. در این مواقع، باید از روش‌های جامع‌تری با قابلیت برنامه‌ریزی حرکت در حضور موانع استفاده نمود.

پس از مرحله تشکیل گراف، مسیر مطلوب از طریق جستجوی یک مسیر با کمترین هزینه در چنین گرافی حاصل می‌شود. زمانی که هدف، برنامه‌ریزی حرکت برای دستیابی به یک راس از گراف باشد، الگوریتم‌های شهودی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. یکی از

ساده آن را در شکل ۴ مشاهده میکنید.

سیستم کنترلی به فرم $\dot{x} = f(x, u, t)$ را در نظر بگیرید که در آن $x(t) \in \mathbb{R}^n$ و $u(t) \in \mathbb{R}^m$ هستند. یک مسیر مرجع و شدنی به صورت $x_{ref}(t)$ و $u_{ref}(t)$ کنترل معادله فوق را ارضا میکنند. این سیستم به صورت زیر گسسته سازی میشود:

$$x_{k+1} = F_k(x_k, u_k), k \in N$$

بنابراین، قانون کنترلی عموماً به فرم زیر استخراج میشود:

$$u_k(x_{meas.}) = \underset{\substack{x_n \in X_n, \\ u_n \in U_n, \\ n=k, \dots, k+N-1}}{\operatorname{argmin}} \left\{ h(x_N - x_{ref,N}, u_N - u_{ref,N}) + \sum_{n=k}^{k+N-1} g_n(x_n - x_{ref,n}, u_n - u_{ref,n}) \right\}$$

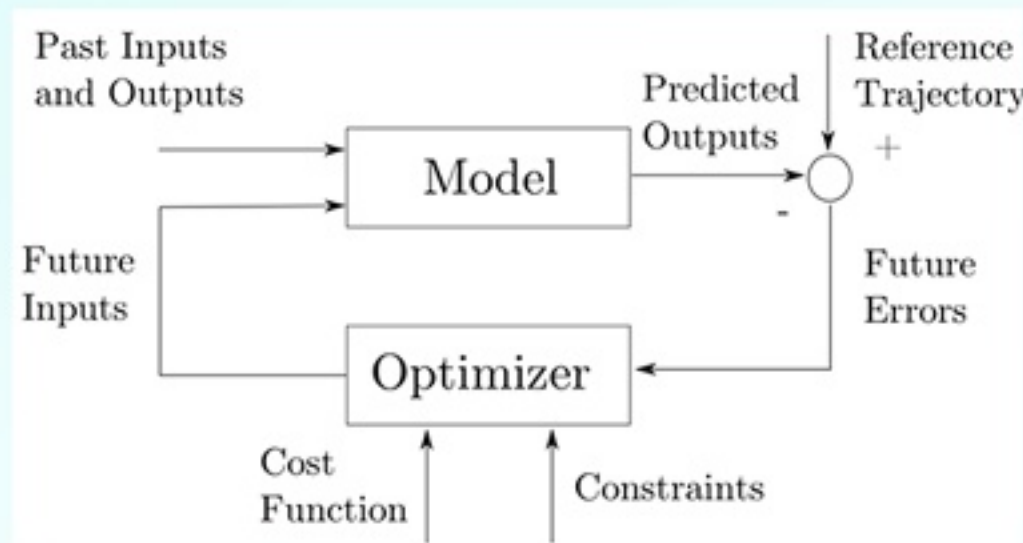
subject to

$$x_k = x_{meas.}$$

$$x_{n+1} = F(x_n, u_n),$$

$$n \in \{k, \dots, k+N-1\}.$$

تابع g_n به منظور کمینه سازی خطای بین سیگنال های واقعی و سیگنال های مطلوب در هر گام زمانی است. تابع h نیز برای کمینه سازی خطا در نقطه نهایی است. X_n مجموعه ای از حالات مجاز سیستم برای محدودسازی مکان و سرعت غیرقابل قبول مانند مکان موانع و سر خوردن لاستیک ها میباشد. U_n نیز محدوده مجاز سرعت است. از مسائل مهم در قانون کنترلی فوق، بررسی وجود پاسخ برای مساله بهینه سازی، پایداری و مقاوم بودن پاسخ در صورت وجود میباشد [۱۳].



شکل ۴ ساختار MPC

به منظور پیاده سازی MPC در یک اتومبیل خودران، مساله کنترلی فوق باید در زمان حقیقی چندین بار حل شود که توان محاسباتی بالایی را میطلبد. بنابراین، یکی از راه هایی مورد استفاده به منظور ساده سازی این مساله، خطی سازی مدل دینامیکی سیستم با توجه به نقطه کار فعلی و مسیر مطلوب است. به این ترتیب، با تبدیل تابع هزینه به تابع هدف درجه دوم و تعریف قیود حالت و ورودی کنترلی به صورت قیود چندوجهی برای قانون کنترلی خواهیم داشت:

$$u_k(x_{meas.}) = \underset{\xi_k, \eta_k}{\operatorname{argmin}} \left\{ \xi_k^T H \xi_k + \sum_{n=k}^{k+N-1} \xi_n^T Q_n \xi_n + \eta_n^T R_n \eta_n \right\}$$

subject to

$$\xi_k = x_{meas.} - x_{ref}, \eta_k = u - u_{ref}$$

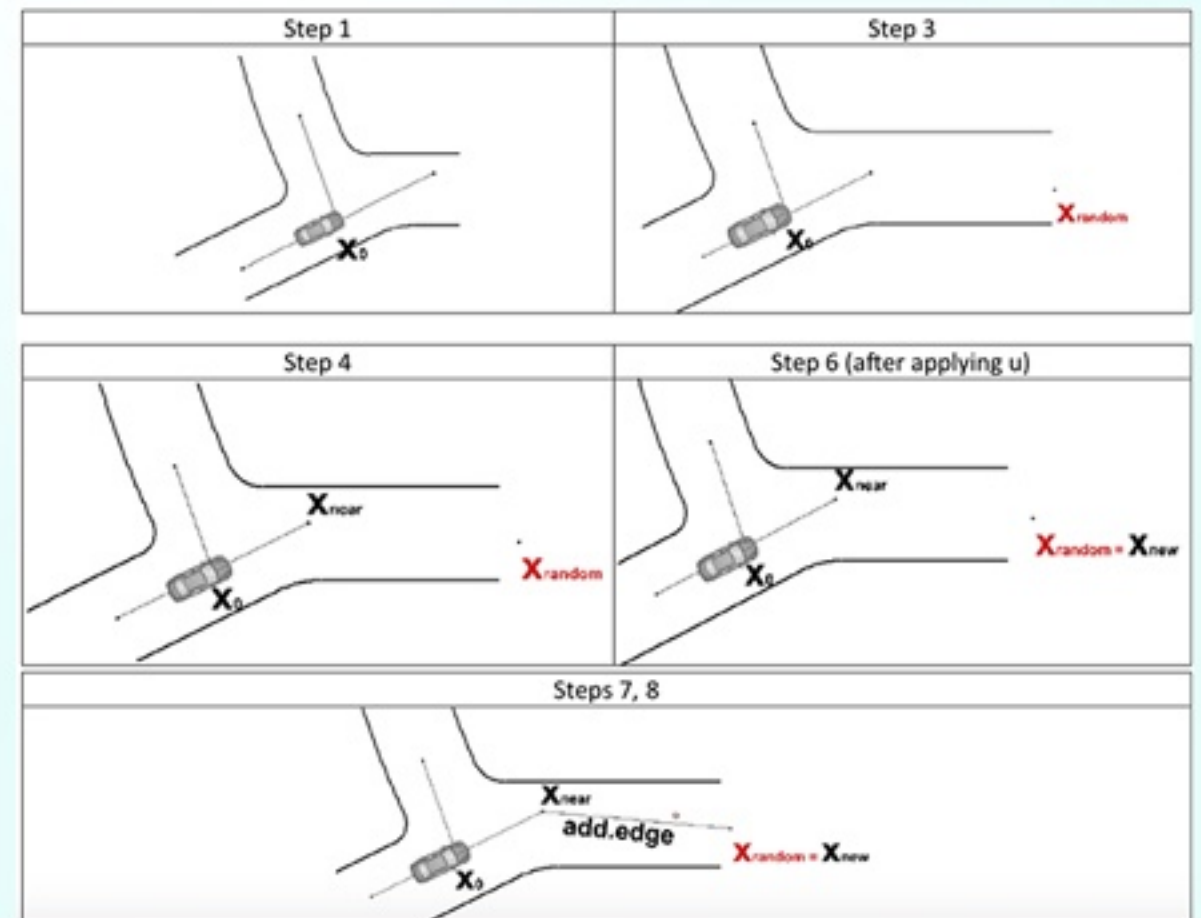
$$C_n \xi_n \leq 0, D_n \eta_n \leq 0$$

$$\xi_{k+1} = A_k \xi_k + B_n \eta_n, n \in \{k, \dots, k+N-1\}.$$

که در آن Q_k و R_k ماتریس های مثبت معین هستند. A_k و B_n نیز ماتریس های حاصل از خطی سازی مدل غیرخطی دینامیکی میباشد. در این حالت، مساله برنامه ریزی غیرخطی به یک مساله برنامه ریزی

RRT(x_0)	
1	Initialise a tree (G) starting from point (x_0)
2	Repeat
3	Sample a random configuration x_{random} from the configuration space (C)
4	Flag x_{NEAR} the closest point of the initialised tree (G) to x_{random}
5	Select the input u which minimises the distance (x_{random}, x_{NEAR})
6	After Δt and the application of u , flag the new configuration x_{new}
7	Add x_{new} to G
8	Add the edge between x_{new} and x_{NEAR} to G
9	Return G

جدول ۱ الگوریتم RRT [۱۱]



شکل ۳ نمایش روش RRT [۱۱]

۳. کنترل

پس از تولید مسیر توسط ماژول برنامه ریزی حرکت، هدف طراحی ورودی کنترلی به گونه ای است که مسیر مطلوب را دنبال کند. فرض کنید $\dot{x} = f(x, u)$ معادله دیفرانسیلی مربوط به دینامیک خودرو باشد. $x_{ref} : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^n$ مسیر مرجع ریزی شده $v_{ref} : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ و سرعت مرجع هستند. هدف یافتن قانون کنترل فیدبک $u(x)$ میباشد، به گونه ای که پاسخ $\dot{x} = f(x, u(x))$ شرایط مقابل را ارضا نماید: $t_1 < t_2$ & $\forall \epsilon > 0$ یک $\delta > 0$ و یک $s : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ مشتق پذیر وجود خواهد داشت به طوری که:

- $\|x(t_1) - x_{ref}(s(t_1))\| \leq \delta \Rightarrow \|x(t_2) - x_{ref}(s(t_2))\| \leq \epsilon$
- $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x(t) - x_{ref}(s(t))\| = 0$
- $\lim_{t \rightarrow \infty} \dot{s}(t) = v_{ref}(s(t))$

طبق شرط اول، خطای کوچک اولیه همچنان کوچک خواهد ماند و طبق شرط دوم خطای همگرایی مسیر خودرو به مسیر مطلوب در زمان بینهایت به صفر میل خواهد نمود. شرط سوم نیز بیانگر دنبال کردن مسیر با نرخ نامی است. بسیاری از روش های کنترلی موجود از یک قانون فیدبک به صورت زیر پیروی میکنند:

$$u(x) = f(\operatorname{argmin} \|x - x_{ref}(\gamma)\|)$$

که در آن فیدبک، تابعی از نزدیکترین نقطه روی مسیر مرجع میباشد. روش دیگر کنترلی که با پیشرفت در سرعت پروسسورها، ظرفیت حافظه مدارهای الکترونیکی و پیدایش الگوریتم های جدید در حوزه سیستم های خودگردان مورد توجه قرار گرفته است، روش کنترل پیشبین مدل میباشد. در این تکنیک از مدل سیستم برای بهینه سازی در یک افق زمانی پیشرونده استفاده میشود. ساختار بسیار

- ۱ platoon
- ۲ Perception
- ۳ Planning
- ۴ Realtime
- ۵ Advanced Driver Assist Systems
- ۶ Lidar
- ۷ Sensor Fusion
- ۸ Vehicle-to-vehicle
- ۹ Vehicle-to-infrastructure
- ۱۰ Vehicle-to-Device
- ۱۱ Dedicated Short Range Communication
- ۱۲ Optimal
- ۱۳ Feasible
- ۱۴ Route Planning
- ۱۵ Behavioral Decision Making
- ۱۶ Finite State Machine
- ۱۷ Markov Decision Process
- ۱۸ Partially Observable Markov Decision Process
- ۱۹ Motion Planning
- ۲۰ Lane graph
- ۲۱ Heuristic
- ۲۲ Anytime Dynamic A*
- ۲۳ Reachable
- ۲۴ Rapidly-exploring Random Tree
- ۲۵ Model Predictive Control
- ۲۶ Polynomial time

غیرخطی به یک مساله برنامه ریزی کوادراتیک تبدیل خواهد شد و الگوریتم هایی مانند interior-point قادر به حل آن در زمان چندجمله ای خواهند بود [۹].

نتیجه گیری

در چند دهه اخیر، با پیشرفت قابلیت های سیستم های حسگری در کنار افزایش قدرت محاسبات سیستم های الکترونیکی، تکنیک های طراحی خودروهای خودران رشد بسیاری داشته است. در این نوشتار ساختار سلسله مراتبی تصمیم گیری حرکت برای اتومبیل های خودران شرح داده شد. به طوری که مساله طراحی این سیستم های هوشمند به چند زیرمساله تقسیم شد و پاسخ هر بخش به عنوان ورودی بخش دیگر مورد استفاده قرار گرفت. هدف، دستیابی به یک دانش سیستماتیک درباره نحوه طراحی این سیستم ها بود و در هر بخش سعی شد نمونه هایی از الگوریتم های مورد استفاده و چالش های موجود در این حوزه در اختیار خواننده قرار گیرد.

مراجع

- [۱] "Google Self-Driving Car Project," Available: <https://waymo.com/>.
- [۲] "Tesla Motors: Model S Press Kit.," Available: <https://www.tesla.com/presskit/autopilot>.
- [۳] E. A. Lee, Cyber physical systems: Design challenges, ۲۰۰۸.
- [۴] J. e. a. Lioris, " platoons of connected vehicles can double throughput in urban roads," ۲۰۱۷.
- [۵] S. e. a. Pendleton, "Perception, planning, control, and coordination for autonomous vehicles," ۲۰۱۷.
- [۶] G. e. a. Silberg, "Self-driving cars: The next revolution," ۲۰۱۲.
- [۷] F. & C. M. Havlak, "Discrete and continuous, probabilistic anticipation for autonomous robots in urban environments," IEEE Transactions on Robotics, ۲۰۱۳.
- [۸] Q. & F. J. Tran, "Modelling of traffic situations at urban intersections with probabilistic non-parametric regression," IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), ۲۰۱۳.
- control techniques for self-driving urban vehicles," ۲۰۱۶.
- [۱۰] P. E. N. J. N. a. B. R. Hart, "A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths," ۱۹۶۸.
- [۱۱] A. Stentz, "Optimal and efficient path planning for partially-known environments," International Conference Robotics and Automation, IEEE, ۱۹۹۴.
- [۱۲] S. Anthony, "The focussed D* algorithm for real-time replanning," IJCAI, p. ۱۹۹۵.
- [۱۳] S. K. a. M. Likhachev, "Fast replanning for navigation in unknown terrain," Transactions on Robotics . ۲۰۰۵ ,
- [۱۴] D. I. F. G. J. G. A. S. a. S. T. M. Likhachev, "Anytime dynamic A*: An anytime, replanning algorithm," ICAPS . ۲۰۰۵ ,
- [۱۵] C. e. a. Katrakazas, "Real-time motion planning methods for autonomous on-road driving: State-of-the-art and future research directions . ۲۰۱۵ ,"

- [۱۶] S. & F. E. Karaman, "Sampling-based algorithms for optimal motion planning . ۲۰۱۱ ,"
- [۱۷] E. F. a. C. B. A. Camacho, Model predictive control, ۲۰۱۳ .



چکیده

ایجاد یک روش کنترل مناسب با دقت بالا، تبدیل به یکی از چالش‌های اصلی در کاربردهای رباتیک برای دستیابی به عملکردی مانند بدن انسان شده است. روش الکترومیوگرافی (EMG)، با دریافت سیگنال‌های عضلات انسان و تبدیل آن‌ها به سیگنال‌های کنترلی برای کنترل ربات‌های دستیار، به محبوبیت زیادی رسیده است. در این مقاله، یک روش طبقه‌بندی مبتنی بر EMG برای کنترل یک بازوی ربات مکئی و انجام تعامل در حرکات بازوی انسان بررسی شده است. این سیستم با استفاده از طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان (SVM) پیاده‌سازی شده است. این طبقه‌بند با استفاده از حرکات اندام‌های فوقانی انسان که بر طبق سیگنال‌های EMG که از ماهیچه بازویی زند بالایی، عضله دو سر بازویی و ماهیچه دلتوئید به‌عنوان ویژگی‌های ورودی استخراج می‌شوند، طبقه‌بندی را انجام می‌دهد. با استفاده از این روش پیشنهادی، می‌توانیم شش دسته از حرکات بازوی انسان را شناسایی کنیم و در نتیجه، نتایج طبقه‌بندی را می‌توانیم از راه دور برای کنترل یک بازوی رباتیک مکئی که شبیه بازوی انسان عمل کند منتقل کنیم. ما عملکرد روش طبقه‌بندی پیشنهادی را که طی ۵ ثانیه از ۷۲ قسمت و دو موضوع دریافت کرده بودیم مورد بررسی قرار دادیم. میزان دقت کلی می‌تواند بر اساس ویژگی‌های EMG انتخابی اندازه‌گیری شده برای هر عضله به ۹۴٪ برسد. نتایج حاکی از اهمیت انتخاب ویژگی‌ها با توجه به مورفولوژی شکل موج‌های EMG ثبت شده از دسته‌های مختلف ماهیچه‌ای می‌باشد. عملکرد روش پیشنهادی به صورت کمی ارزیابی شده است و یک بازوی ربات مکئی را می‌توان از راه دور با استفاده از سیگنال‌های EMG با دقت بالا کنترل کرد.

واژگان کلیدی: الکترومیوگرافی، بازوی رباتیک مکئی، ماشین بردار پشتیبان

هر چند تعداد کمی از مطالعات اخیر به اهمیت انتخاب ویژگی‌های EMG

مناسب قبل از طبقه‌بندی اشاره کرده‌اند [۵،۶]. در عوض بسیاری از مطالعات گذشته همچنان تأکید بر دامنه‌های سیگنال‌های EMG در پیاده‌سازی الگوریتم‌های کنترل رباتیک دارند. به علاوه در کنار دامنه‌های EMG، تکنیک‌های بسیار دیگری مانند مورفولوژی شبه موج EMG که بازتاب تغییرات در تنش‌های عضلات یا بیان فیزیولوژی دیگر نیز موجود می‌باشند، گنجانیدن ویژگی‌های دیگر در پیش‌بینی می‌تواند دقت طبقه‌بندی حرکات را بهبود بخشد. در این موارد یک روش طبقه‌بندی بر پایه ی EMG برای کنترل بازوی دستیار رباتیک استفاده شده است. طبقه‌بندی سیگنال‌ها با روش SVM انجام شده‌اند به گونه‌ای که سیگنال‌هایی که از ماهیچه بازویی زند بالایی، عضله دو سر بازویی و ماهیچه دلتوئید از عضلات بالایی بدن انسان به دست آمده‌اند به‌عنوان ویژگی به طبقه‌بند داده شده‌اند. شش حرکت بازوی انسان می‌تواند با استفاده از روش پیشنهادی با ویژگی‌های EMG تقلید شود. این مقاله شرحی از روش و ارزیابی این عملکرد را فراهم کرده است. برای کاربردهای بیشتر، نتیجه‌ی طبقه‌بندی‌ها می‌تواند از راه دور برای کنترل بازوی رباتیک منتقل شود.

روش

این مطالعه بر پایه‌ی روش طبقه‌بندی SVM برای کنترل ربات دستیار با استفاده از سیگنال‌های EMG توسعه یافته است. نمودار شماتیک این روش در شکل ۱ نشان داده شده است. برای پیاده‌سازی، روش پیشنهادی به پنج گام تقسیم شده است: طراحی آزمایشی؛ استخراج ویژگی‌ها؛ طبقه‌بندی حرکات؛ اعتبارسنجی عملکرد؛ کنترل بازوی ربات. جزئیات این گام‌ها در قسمت‌های بعدی توضیح داده شده است.

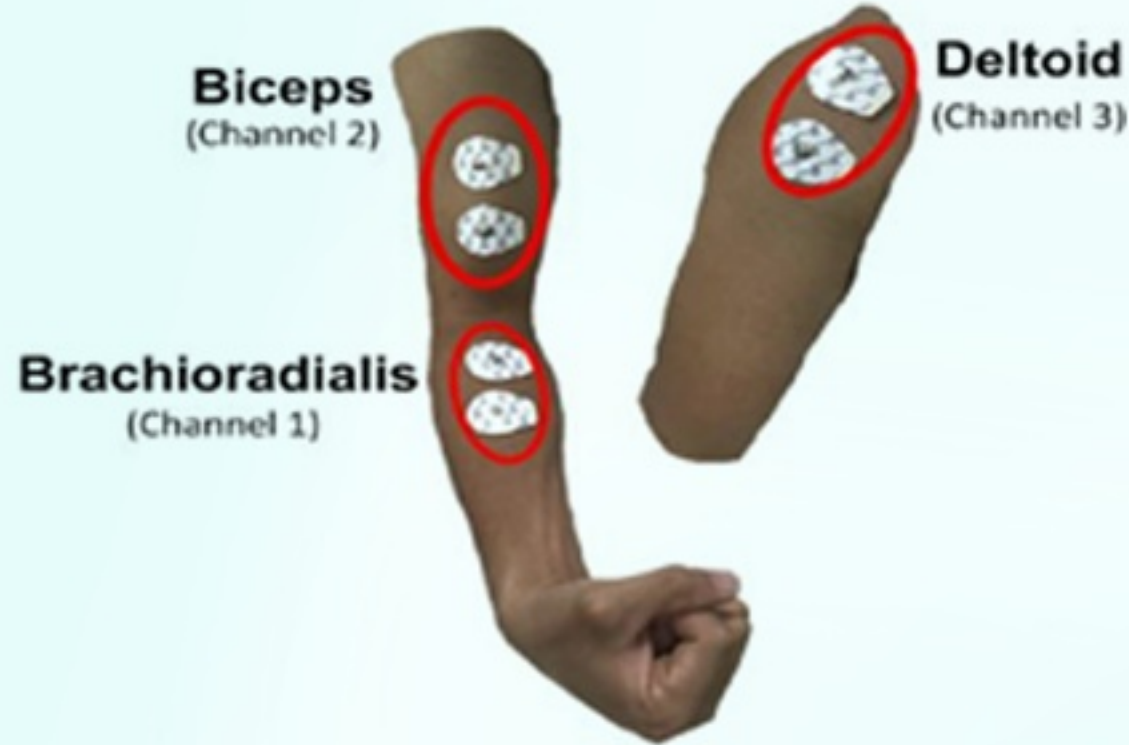
گام یک: طراحی آزمایشی

سه کانال از سیگنال‌های EMG از قسمت‌های بالایی اندام انسان با استفاده از سیستم چند کاناله ی EMG (MP۳۶) اندازه‌گیری شده است. ما سیگنال‌های EMG را از ماهیچه بازویی زند بالایی، عضله دو سر بازویی و ماهیچه دلتوئید، زمانی که شرکت‌کنندگان شش حرکت اولیه را که در شکل ۲ نشان داده شده است انجام می‌دادند، اندازه‌گیری کردیم.

مقدمه

در دهه‌ی گذشته، تکنیک‌های رباتیک به تدریج با دستیارهای توان‌بخشی منطبق شده‌اند. علاوه بر این، بازوهای رباتیک انسانی با سیستم‌های کنترل پیشرفته بهبود پیدا کرده‌اند. در نتیجه، در دهه‌ی اخیر استفاده از تکنیک‌های کنترلی در رباتیک برای دستیابی به عملکردی مانند بدن انسان، از همیشه مهم‌تر بوده است. انواع متفاوتی از سیگنال‌های فیزیولوژیکی برای بهبود عملکرد سیستم کنترل پیشنهاد شده‌اند، مانند ردیابی مسیر [۱]، الکتروانسفالوگرافی (EEG) [۲،۳]، الکتروکلوگرافی (EOG) [۲،۳]، سیگنال‌های زبانی (GKP) [۴] و سیگنال‌های الکترومایوگرافی (EMG) [۳،۵،۶].

از بین این سیگنال‌های فیزیولوژیکی، سیگنال‌های EMG به‌طور مستقیم از فیبرهای عضلانی دریافت می‌شود و به صورت گسترده در کنترل ربات‌های دستیار به کار می‌روند. مطالعات رو به رشدی در زمینه‌ی استفاده از سیگنال‌های EMG برای کنترل ربات دستیار صورت گرفته است [۵-۱۳]. حرکات مختلف انسان با استفاده از سیگنال‌های EMG می‌تواند با روش‌های گوناگونی مانند فازی [۱۴]، شبکه عصبی [۱۵]، ماشین بردار پشتیبان (SVM) [۱۶] طبقه‌بندی شود. از این رو امکان دستیابی به دقت بالا در طبقه‌بندی حرکت‌های انسان وجود دارد. به علاوه، ویژگی‌های الکتروفیزیولوژی عصبی سیگنال‌های EMG آن را برای کاربردهای زندگی واقعی مناسب می‌سازد. زیرا انتشار فعالیت‌های عصبی در الیاف ماهیچه‌ها، هم‌زمان یا حتی سریع‌تر از حرکات انسانی است.



شکل ۳: محل قرارگیری الکترودهای EMG. کانال ۱ به ماهیچه بازویی زند بالای و کانال ۲ به عضله دو سر بازویی و کانال ۳ به ماهیچه دلتوئید متصل است.

گام دو: استخراج ویژگی ها

طبق مورفولوژی شکل موج های EMG که در شکل ۴ نشان داده شده است، ۳ ویژگی به عنوان فضاهای خاص برای تحلیل بیشتر محاسبه شدند. ما بر روی فعالیت های ماهیچه بازویی زند بالایی، عضله دو سر بازویی و ماهیچه دلتوئید تمرکز کردیم. ویژگی های هر ماهیچه شامل (۱) انحراف معیار (۲) مقدار سیگنال یکپارچه و (۳) تغییرات هر عضله ثبت شده اند. در میان این ویژگی ها، مقدار تغییرات به طور قابل توجهی کوچک تر از سایر ویژگی ها بود، بنابراین ما مقدار تغییرات را ۱۰۰ برابر کردیم تا بتوانیم آن ها به عنوان ویژگی های مؤثر استفاده نماییم.

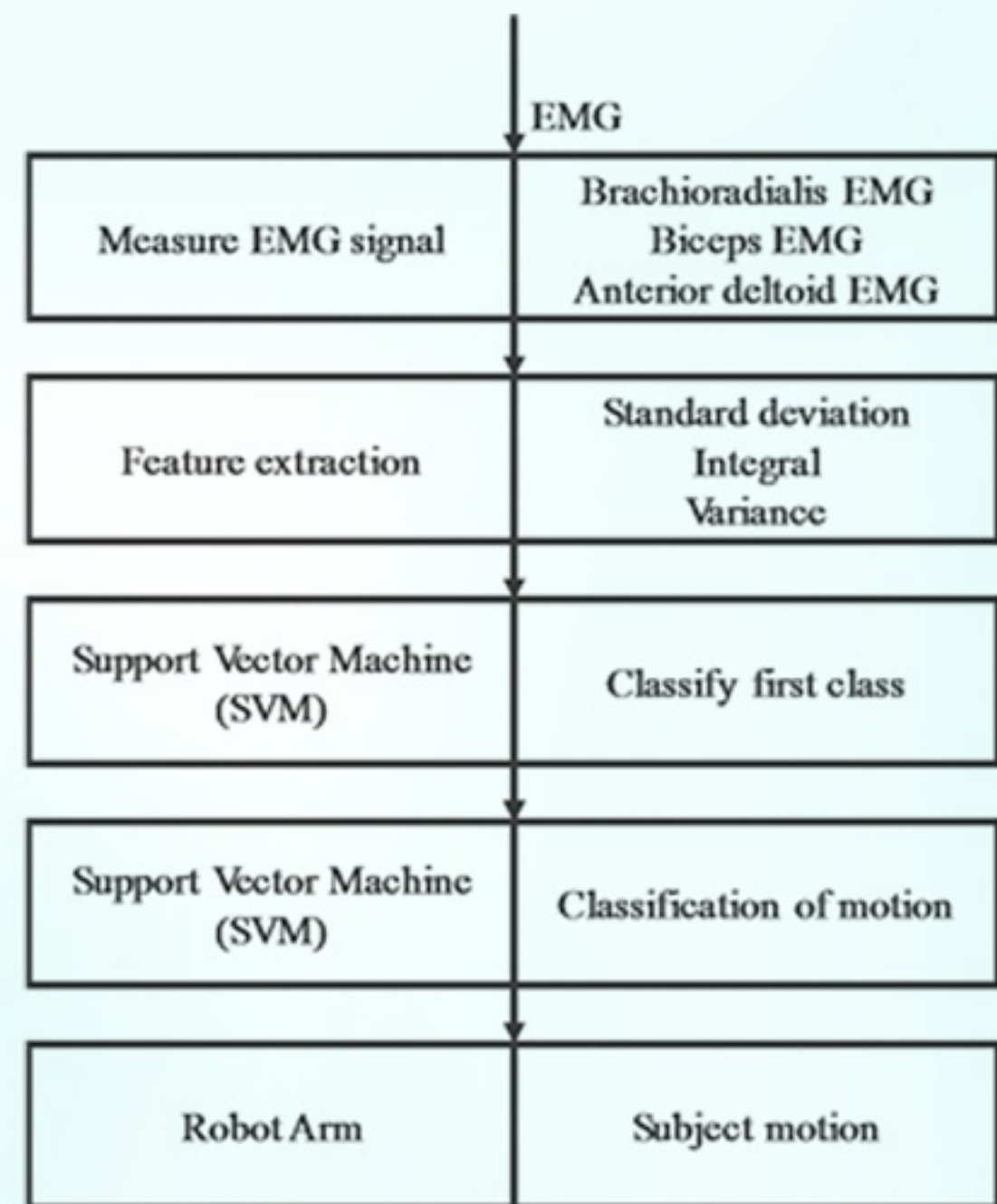
گام سه: طبقه بندی حرکات

طبق روش هایی که در مطالعات گذشته به کار گرفته شده اند [۱۸]، ما شش نوع حرکت را برحسب تغییر زاویه بازو به سه طبقه تقسیم کردیم که در شکل ۲ نشان داده شده است. ما از این واقعیت استفاده کردیم که عضلات بدن انسان معمولاً از جفت آگونیست-آنتاگونیست تشکیل شده است و حرکات هر طبقه به راحتی قابل تفکیک است. روند طبقه بندی به دو مرحله تقسیم شده است. برای هر موضوع مقادیر متمایز می تواند از نه ویژگی نشات گرفته باشند. در مرحله اول ما از تکنیک SVM به عنوان یک طبقه بند برای گسسته سازی این مقادیر استفاده کردیم. پس از اینکه نتایج طبقه بندی را استخراج کردیم، سپس وارد مرحله دوم شدیم که دوباره از این نوع ویژگی برای حرکت نهایی با استفاده از تکنیک SVM استفاده کردیم. تکنیک SVM یک روش قدرتمند یادگیری ماشین است که کاربرد بسیاری برای پیدا کردن جداساز بهینه ابرصفحه در این طبقه بندی می باشد. برای جداسازی خطی داده ها فرض کنید که یک داده آموزشی N نقطه ای داریم که به صورت زیر تعریف شده است:

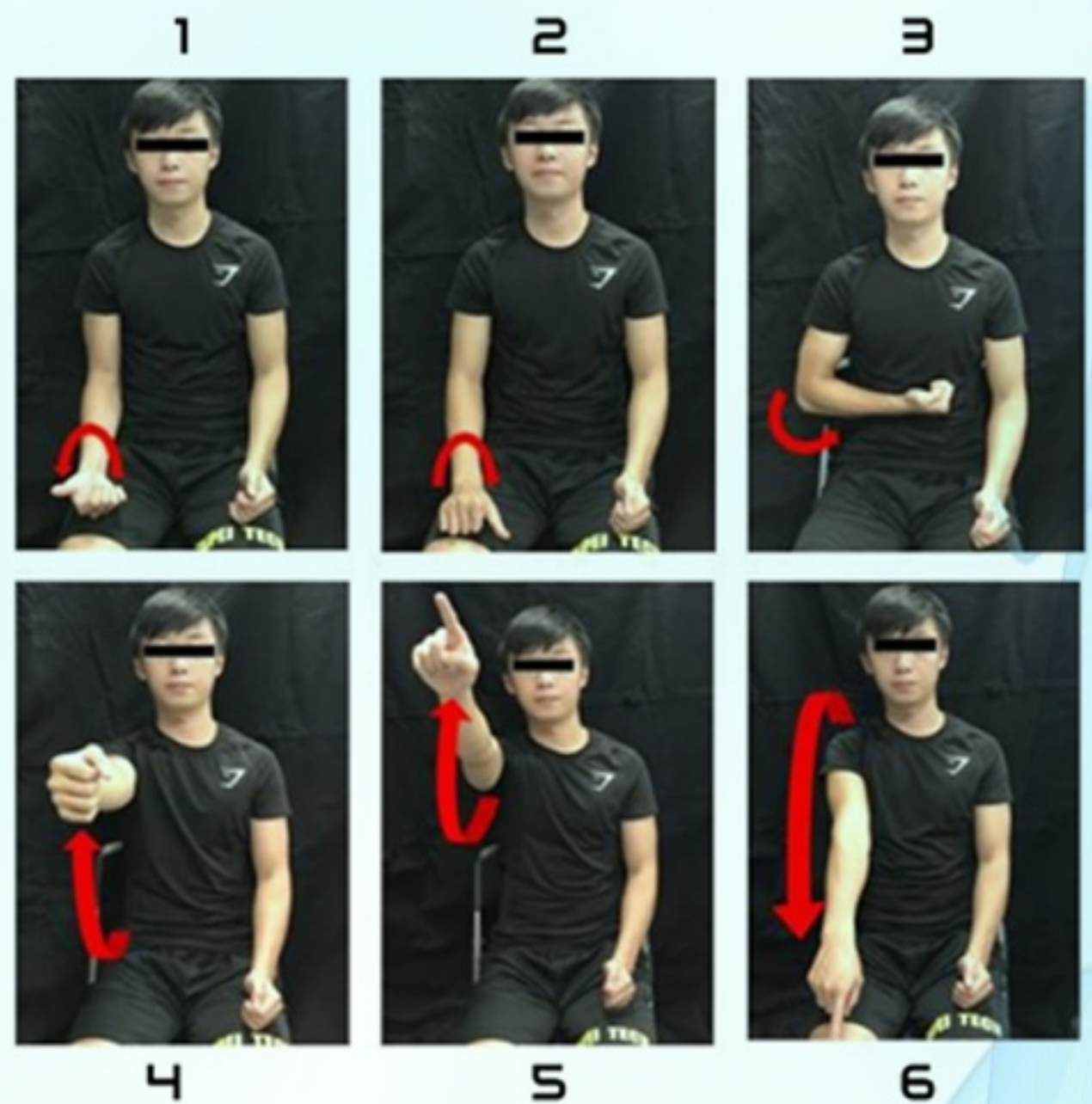
$$\{X_i, Y_i | X_i \in R^d, Y_i \in \{+1, -1\}\}_{i=1}^N$$

به صورتی که X داده ی آموزشی است و Y نتیجه ی طبقه بندی می باشد. با تکنیک SVM حداکثر حاشیه ی ابرصفحه به دست آمده و به صورت:

$$\omega \cdot x - b = 0$$



شکل ۱: بلوک دیاگرام پردازش سیگنال EMG برای کنترل یک بازوی رباتیک



شکل ۲: دسته بندی حرکت بازوی انسان. از چپ به راست و از بالا به پایین: چرخش مچ رو به بالا (حالت اول)، چرخش مچ رو به پایین (حالت دوم)، جمع کردن آرنج (شکل سوم)، باز کردن آرنج (شکل چهارم)، بالا بردن بازو (شکل پنجم)، پایین بردن بازو (شکل ششم)

سیگنال EMG را از یک فیلتر با باند عبور بین ۵ تا ۵۰۰ هرتز عبور دادیم که نرخ نمونه برداری آن ۱ کیلوهرتز بود. محل قرارگیری الکترودها در شکل ۳ نمایش داده شده اند. ما انحراف معیار و ویژگی های دیگر سیگنال EMG را در لحظه شروع حرکت بازو اندازه گیری کردیم.

با استفاده از روش SVM، بردارهای ویژگی توصیف شده در بخش قبلی را می‌توان در دو قسمت طبقه‌بندی کرد. پارامترهای بهینه‌ی C و G ی هسته‌ی RBF با جستجوی شبکه‌ای تعیین می‌شود. بنابراین، طبقه بندی مبتنی بر SVM پیشنهادی می‌تواند پیش‌بینی‌های بسیار دقیقی را از طریق ویژگی‌های EMG برای کنترل بازوی کمکی ربات ارائه دهد.

گام چهارم: ارزیابی عملکرد

عملکرد روش SVM با اعتبارسنجی متقابل ارزیابی می‌شود. اعتبارسنجی متقابل ۱۰ برابری را انتخاب می‌کنیم، زیرا امکان تخمین کم‌تر بایاس شده را می‌دهد. گروه‌های مجموعه آموزش و آزمایش در طبقه‌بندی SVM قرار گرفتند و دقت حاصل را پس از اعتبارسنجی متقابل، ۱۰ برابر کردیم.

گام پنجم: کنترل بازوی ربات

روش پیشنهادی به‌عنوان یک سیستم کنترل برای تقلید از حرکات بازوی انسان با استفاده از یک بازوی ربات هفت محوره Denso (مدل RCVM-VSG6BA) پیاده‌سازی شده است. نتایج طبقه‌بندی از مدل SVM به‌عنوان کد کنترل استفاده شده و از طریق پروتکل کنترل / پروتکل اینترنت (TCP / IP) به LabVIEW برای کنترل بازوی رباتیک منتقل شده است.

نتایج و بحث‌ها

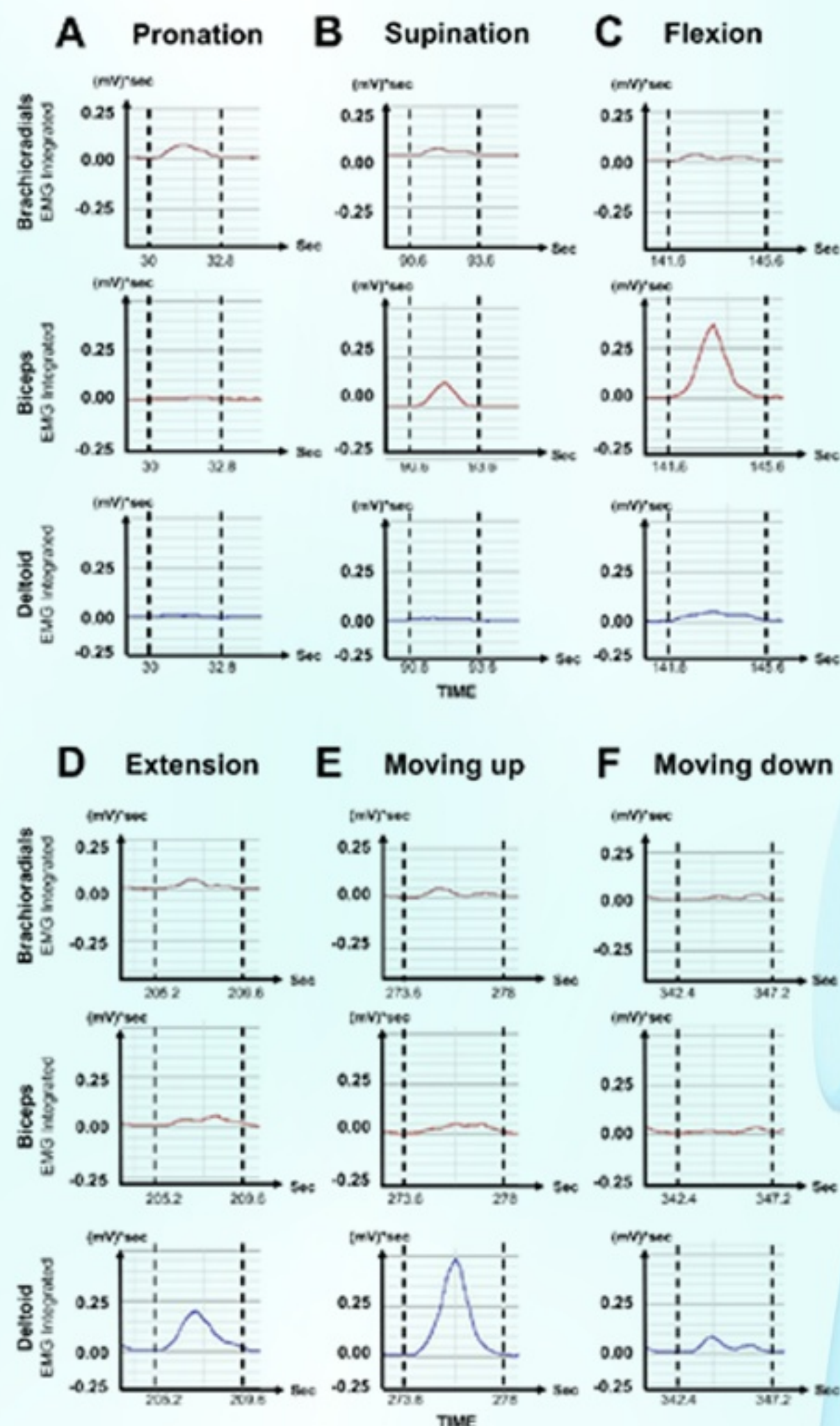
ما یک روش طبقه‌بندی مبتنی بر SVM با استفاده از سیگنال‌های EMG برای کنترل یک بازوی رباتیک کمکی پیشنهاد کردیم. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، سیگنال‌های EMG از ماهیچه بازویی زنده بالایی، عضله دو سر بازویی و ماهیچه دلتوئید ثبت شدند و نه ویژگی استخراج شدند. این ویژگی‌ها با استفاده از جعبه‌ابزار SVM در متلب طبقه بندی شدند. سرانجام، نتایج طبقه‌بندی از طریق پروتکل TCP/IP به نرم‌افزار Labview منتقل شدند تا بازوی ربات Denso را که دارای شش نوع حرکت است، کنترل کند. کنترل این شش حرکت که شامل چرخش مچ رو به بالا و پایین، باز و جمع کردن آرنج و بالا و پایین بردن بازو می‌باشد که در شکل ۶-۱ نشان داده شده‌اند. در هنگام انجام دادن این شش حرکت، سیگنال EMG از ماهیچه بازویی زنده بالایی، عضله دو سر بازویی و ماهیچه دلتوئید ثبت شدند که با استفاده از مرفولوژی آن‌ها به‌عنوان ویژگی‌های ورودی برای طبقه‌بندی تحلیل و استخراج شده است.



شکل ۵: شماتیک کنترل حرکت بازوی ربات کمکی.

بیان شده است. به طوری که بردار w یک بردار نرمال است و $b/||w||$ انحراف از حاشیه‌ای است که از طریق w برای ابر صفحه‌ی جداساز حاصل می‌گردد. برای جداسازی، ابر صفحه‌ی جداساز بهینه بافاصله‌ی $b/||w||$ بین دو ابر صفحه است که باید با حداقل سازی $||w||$ به حداکثر مقدار خود برسد. به این علت که اطلاعات در حالت اول بتواند به صورت $1 \leq w \cdot x - b$ و در حالت دوم به صورت $w \cdot x - b \geq 1$ بیان شوند معادله به صورت $1 \leq (1 \leq Y_i (w \cdot x - b)$ برای همه‌ی مقادیر $1 \leq i \leq n$ بازنویسی می‌شود. بنابراین نتیجه‌ی بهینه‌سازی از طریق حداقل سازی $||w||$ با شرط زیر به دست می‌آید.

$$Y_i (w \cdot x - b) \geq 1$$



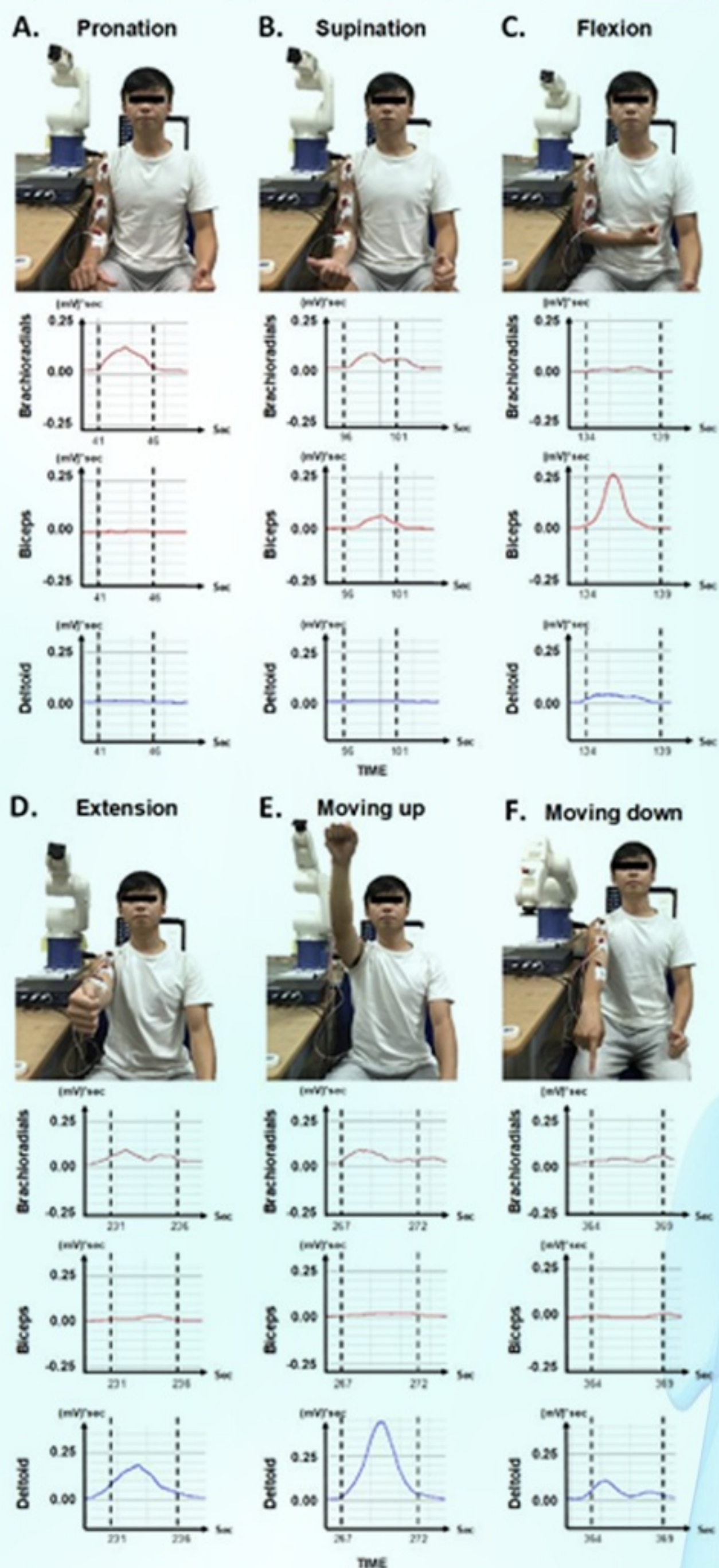
شکل ۴: تفاوت در سیگنال‌های یکپارچه EMG برای حرکات مختلف انسان. ردیف بالا: ویژگی‌های سیگنال‌های یکپارچه EMG برای حرکات ماهیچه بازوی زنده بالایی از نقطه A تا نقطه B. ردیف وسط و پایین: ویژگی‌های سیگنال عضله دو سر بازویی و ماهیچه دلتوئید.

الگوریتم SVM همچنین می‌تواند با داده‌هایی که خطی نیستند نیز مقابله کند. این الگوریتم با استفاده از نقشه برداری داده در ابعاد بالاتر و با استفاده از توابع پایه شعاعی (RBF) داده‌ها را بهتر طبقه‌بندی می‌کند. از RBF به‌عنوان هسته اصلی برای طبقه بندی داده‌های غیرخطی استفاده می‌شود. به‌طور خاص در متلب با استفاده از جعبه‌ابزار libSVM می‌توان بهینه‌سازی‌های مربوط به ماشین بردار پشتیبان را انجام داد.

با وجود محدودیت اندازه کوچک داده، این مطالعه، با استفاده از سیگنال‌های فیزیولوژیکی، روش کنترلی کارآمدی را برای بازوهای رباتیکی دستیار ارائه داده است. با بهینه‌سازی انتخاب ویژگی‌های EMG، می‌توان میزان دقت بالایی را با استفاده از روش طبقه‌بندی مبتنی بر SVM به دست آورد. عملکرد روش پیشنهادی به صورت کمی ارزیابی شد و نتایج طبقه‌بندی را می‌توان از راه دور منتقل کرد تا حرکت بازوی ربات کمکی را کنترل کند.

نتیجه گیری

این مطالعه امکان استفاده از سیگنال‌های EMG را به عنوان یک برنامه کنترل بازوی ربات که با حرکات بازوی انسان تعامل دارد نشان داد. برای افزایش دقت طبقه‌بندی برای کنترل دقیق، هر دو پارامتر مورد استفاده در روش SVM و ویژگی‌های استخراج شده از سیگنال‌های EMG بهینه شدند. استخراج ویژگی‌های EMG با استفاده از مورفولوژی شکل موج‌های ضبط شده از قسمت‌های مختلف عضلانی برای بهینه‌سازی تعداد ویژگی‌ها و کاهش پیچیدگی محاسباتی تنظیم شدند. علاوه بر این، نتایج فعلی می‌توانند با استفاده از سیگنال‌های EMG بیشتر برای استفاده در کنترل بازوهای رباتیک و یا کاربردهایی برای افرادی که دچار سکتة مغزی شده‌اند، گسترش پیدا کنند.



شکل ۶: کنترل بازوی رباتیکی با استفاده از سیگنال‌های EMG عضلات دو سر بازویی (ردیف بالایی) و سه سر بازویی (ردیف میانی و پایینی) در حین جمع کردن (C) و باز کردن بازو (D)

عملکرد طبقه‌بندی سیگنال EMG مبتنی بر روش SVM با ۷۲ بخش و در ۵ ثانیه مورد بررسی قرار گرفت. هر قسمت سیگنال EMG با شش حرکت در ارتباط بود. با میانگین گیری از نتایج و با استفاده از ۹۹٪ داده‌ها به عنوان داده های آموزش و ۱٪ داده‌ها به عنوان داده های تست، دقت کلی تعیین شد. دقت نهایی زمانی که نه ویژگی سیگنال EMG را با روش SVM طبقه‌بندی کردیم، ۹۴٪ بود. عملکرد روش طبقه‌بندی مبتنی بر SVM با استفاده از انواع کمتری از ویژگی‌ها مورد بررسی قرار گرفت. تفاوت ما با تحقیقات قبلی [۱۸] در این بود که از ۳ نوع ویژگی از هر عضله برای آموزش سیستم استفاده کردیم. نه ویژگی ای که استفاده شد شامل انحراف معیار مقدار عضله، سیگنال یکپارچه و تغییرات می‌باشد. نتایج حاکی از اهمیت انتخاب ویژگی‌ها با توجه به مورفولوژی شکل موج‌های EMG ثبت شده از دسته‌های مختلف ماهیچه‌ای است.

مراجع

- [۱] Z. Li, J. Deng, R. Lu, Y. Xu, J. Bai, and C.-Y. Su, "Trajectory-tracking control of mobile robot systems incorporating neural-dynamic optimized model predictive approach," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, vol. ۴۶, pp. ۲۰۱۶, ۷۴۹-۷۴۰.
- [۲] J. Ma, Y. Zhang, A. Cichocki, and F. Matsuno, "A novel EOG/EEG hybrid human-machine interface adopting eye movements and ERPs: Application to robot control," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. ۶۲, pp. ۲۰۱۵, ۸۸۹-۸۷۶.
- [۳] L. Minati, N. Yoshimura, and Y. Koike, "Hybrid control of a vision-guided robot arm by EOG, EMG, EEG biosignals and head movement acquired via a consumer-grade wearable device," IEEE Access, vol. ۴, pp. ۲۰۱۶, ۹۵۴۱-۹۵۲۸.
- [۴] Y. Nam, B. Koo, A. Cichocki, and S. Choi, "GOM-Face: GKP, EOG, and EMG-based multimodal interface with application to humanoid robot control," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. ۶۱, pp. ۲۰۱۴, ۴۶۲-۴۵۳.
- [۵] M. Khezri and M. Jahed, "Real-time intelligent pattern recognition algorithm for surface EMG signals," Biomedical engineering online, vol. ۶, p. ۲۰۰۷, ۴۵.
- [۶] K. Veer and T. Sharma, "A novel feature extraction for robust EMG pattern recognition," Journal of medical engineering & technology, vol. ۴۰, pp. ۲۰۱۶, ۱۵۴-۱۴۹.
- [۷] O. Fukuda, T. Tsuji, M. Kaneko, and A. Otsuka, "A human-assisting manipulator teleoperated by EMG signals and arm motions," IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. ۱۹, pp. ۲۰۰۳, ۲۲۲-۲۱۰.
- [۸] J.-i. Furukawa, T. Noda, T. Teramae, and J. Morimoto, "An EMG-driven weight support system with pneumatic artificial muscles," IEEE Systems Journal, vol. ۱۰, pp. ۲۰۱۶, ۱۰۳۴-۱۰۲۶.
- [۹] J.-i. Furukawa, T. Noda, T. Teramae, and J. Morimoto, "Human movement modeling to detect biosignal sensor failures for myoelectric assistive robot control," IEEE Transactions on Robotics, vol. ۳۳, pp. ۲۰۱۷, ۸۵۷-۸۴۶.
- [۱۰] J. Han, Q. Ding, A. Xiong, and X. Zhao, "A state-space EMG model for the estimation of continuous joint movements," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. ۶۲, pp. ۲۰۱۵, ۴۲۷۵-۴۲۶۷.
- [۱۱] D. Leonardis, M. Barsotti, C. Loconsole, M. Solazzi, M. Troncossi, C. Mazzotti, et al., "An EMG-controlled robotic hand exoskeleton for bilateral rehabilitation," IEEE transactions on haptics, vol. ۸, pp. ۲۰۱۵, ۱۵۱-۱۴۰.
- [۱۲] T. Teramae, T. Noda, and J. Morimoto, "EMG-Based Model Predictive Control for Physical Human-Robot Interaction: Application for Assist-As-Needed Control," IEEE Robotics and Automation Letters, vol. ۳, pp. ۲۰۱۸, ۲۱۷-۲۱۰.

- [۱۳] B. Ugurlu, M. Nishimura, K. Hyodo, M. Kawanishi, and T. Narikiyo, "Proof of concept for robot-aided upper limb rehabilitation using disturbance observers," IEEE Transactions on Human-Machine Systems, vol. ۴۵, pp. ۲۰۱۵, ۱۱۸-۱۱۰.
- [۱۴] K. Kiguchi, T. Tanaka, and T. Fukuda, "Neuro-fuzzy control of a robotic exoskeleton with EMG signals," IEEE Transactions on fuzzy systems, vol. ۱۲, pp. ۲۰۰۴, ۴۹۰-۴۸۱.
- [۱۵] C. L. Pulliam, J. M. Lambrecht, and R. F. Kirsch, "EMG-based neural network control of transhumeral prostheses," Journal of rehabilitation research and development, vol. ۴۸, p. ۲۰۱۱, ۷۳۹.
- [۱۶] R. N. Khushaba, S. Kodagoda, M. Takruri, and G. Dissanayake, "Toward improved control of prosthetic fingers using surface electromyogram (EMG) signals," Expert Systems with Applications, vol. ۳۹, pp. ۲۰۱۲, ۱۰۷۳۸-۱۰۷۳۱.
- [۱۷] C.-C. Chang and C.-J. Lin, "LIBSVM: a library for support vector machines," ACM transactions on intelligent systems and technology (TIST), vol. ۲, p. ۲۰۱۱, ۲۷.
- [۱۸] Han, Jeong-Su, et al. "New EMG pattern recognition based on soft computing techniques and its application to control of a rehabilitation robotic arm." Proc. of ۶th International Conference on Soft Computing (IIZUKA۲۰۰۰). (۲۰۰۰.

نازیلا احمدی دریاکناری ۱

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

چکیده

پردازش تصویر در زیر آب یک زمینه تحقیقاتی اطلاعاتی است که از پتانسیل بسیار خوبی برای کمک به توسعه دهندگان برای کشف بهتر محیط زیر آب برخوردار است. تصاویر گرفته شده در زیر آب معمولاً به دلیل پراکندگی و جذب نور در محیط زیر آب، تخریب رنگ، نور مصنوعی، ذرات معلق در زیر آب دارای مشکلاتی نظیر اعوجاج رنگ، تار شدن جزئیات، کنتراست کم و رنگ مایل به آبی یا مایل به سبز هستند و باعث می شود فقط یک رنگ بر کل تصویر مسلط شود. بنابراین برای اجتناب از مشکلات ذکر شده در تصاویر زیر آب، بهبود مورد نیاز است. این مقاله روش های مختلف بهبود تصویر مانند فیلتر گاوسی دو مرحله ای، کانال تاریک پیشین و اصلاح گاما را مورد بحث قرار می دهد. واژگان کلیدی: اصلاح گاما، بهبود تصویر زیر آب، فیلتر گاوسی دو مرحله ای (DSGF)، کانال تاریک پیشین

مقدمه

تصویربرداری در زیر آب یک حوزه مهم در تحقیقات و فناوری های حاضر است. ماهی، پستانداران دریایی، مناظر دریایی عمیق، بی مهرگان، جلبک های دریایی، کشتی های دریایی غوطه ور و قطعات پرواز برخی از موضوعات متداول تصویربرداری در زیر آب هستند. گرفتن یک تصویر با کیفیت خوب در محیط زیر آب کار آسانی نیست، به برخی سخت افزار تخصصی نیاز دارد. در غیاب سخت افزار تخصصی، تصویر تنزل یافته را باید بهبود دهیم. بهبود تصویر عمدتاً با تیز کردن مشخصه های تصویر مانند مرزها، لبه ها یا کنتراست و کاهش آثار طنین انداز سر و کار دارد. پراکندگی و جذب نور دلیل اصلی کنتراست کم و وضوح پایین تصاویر زیر آب است. جذب به میزان قابل توجهی انرژی نور را کاهش می دهد و به عوامل بسیاری از جمله شوری و کدری آب، میزان ذرات معلق و غیره بستگی دارد. پراکندگی نور به دلیل بی نظمی در محیط انتشار، ذرات و غیره باعث انحراف پرتو از یک مسیر مستقیم می شود. نور دریافتی از دوربین توسط سه مؤلفه تولید می شود: یک مؤلفه مستقیم که نور را از اشیاء منعکس می کند، مؤلفه پراکندگی به جلو به طور تصادفی نور را از دوربین منحرف می کند و مؤلفه پراکندگی پشت، نور را قبل از رسیدن به اشیاء به سمت دوربین منعکس می کند. این باعث ایجاد اثراتی مانند مات کردن و پنهان کردن جزئیات تصویر شده و ممکن است منجر به نویز شود [۱].

بخش اعظمی از تصویر زیر آب به دلیل ماهیت نور کیفیت خود را از دست می دهد. نور از طول موج های متفاوت با رنگ های مختلف قرمز، سبز و آبی تشکیل شده است. مشاهده شده است که بسته به تضعیف نور، طول موج رنگ آبی و سبز به نسبت طول موج قرمز که بعد از ۵ متر ناپدید می شود به عمق بیشتری رسید، در نتیجه، ما معمولاً تصاویر را با رنگ مایل به آبی یا سبز می گیریم. از آنجایی که آب محیطی متراکم است، بنابراین وقتی تصویری از داخل آب گرفته می شود، نور در زیر آب شکسته و توسط محیط اطراف جذب می شود، در نتیجه، تصاویر را تار می گیریم.

بهبود یک تصویر به طور

بالقوه قابل توجه است. در

پردازش تصویر دیجیتال، روش های بهبود تصویر زیادی نظیر یکسان سازی هیستوگرام، متعادل کردن نور سفید، روش مبتنی بر ادغام و تصحیح رنگ وجود دارند که برای پردازش تصویر زیر آب قابل استفاده نیستند. زیرا این روش ها برای مدل فیزیکی زیر آب نامناسب هستند. بنابراین بسیاری از محققان روش های مختلفی را برای بهبود تصویر زیر آب پیشنهاد کرده اند. در این مقاله به دو روش کانال تاریک پیشین با اصلاح گاما و فیلتر گاوسی دو مرحله ای پرداخته می شود.

این مقاله به صورت زیر ساختار بندی شده است: در بخش دوم به روش های مختلف بهبود تصویر، در بخش سوم به ارزیابی روش های ذکر شده بخش دوم و در بخش پایانی این مقاله به نتیجه گیری خواهیم پرداخت.

روش های بهبود تصاویر زیر آب

کانال تاریک پیشین با اصلاح گاما

کانال تاریک دارای کم ترین مقدار شدت روی قطعه تصویر در میان سه مولفه ی رنگی (R, G, B) است. تصحیح گاما باعث افزایش روشنایی تصویر زیر آب می شود. فاصله بین اشیاء و دوربین محاسبه می شود که تخمینی از هر کانال رنگی را براساس سطح شدت روشنایی سه مولفه رنگ مختلف فراهم می کند. اجرای کانال تاریک پیشین روش جدیدی برای مه زدایی تصویر زیر آب است. مقدار تصویر مه زدایی شده تنظیم شده است تا بین مقادیر پیکسل مشخص قرار گیرد که مناطق خیلی تاریک و خیلی روشن را با استفاده از نقشه ی نمایش از بین می برد. کنتراست تصویر مه زدایی شده با استفاده از یکسان سازی هیستوگرام تطبیقی افزایش می یابد و همچنین باعث کاهش لایه شفاف محیط آب می شود [۱].

برای فضای آزاد تصویر مه آلود، فرض بر ثبات ذرات است اما برای تصاویر زیر آب، محیط آب به ندرت پایدار است، بنابراین تصویر دارای انعکاس چندگانه است. با توجه به این اثر، عبارت دیگری به عنوان تازی حرکت به دلیل حرکت ذرات محیط آب به معادله کلی اضافه می شود. بنابراین تصویر زیر آب از لحاظ ریاضی می تواند به صورت زیر محاسبه شود:

$$\text{If } D_r > (D_g \text{ و } D_b), \\ D_f = K_c [1 - \{(D_r - D_g) + (D_r - D_b)\}] \quad (9)$$

$$\text{If } D_r < (D_g \text{ و } D_b), \\ D_f = K_c [1 + \{(D_r - D_g) + (D_r - D_b)\}] \quad (10)$$

که T سایز قطعه و K پارامتر تشدید ضریب فاصله است که $K_r > K_g > K_b$ محدودی K از $K > 0$ است. شدت روشنایی تصویر خروجی توسط معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$I_0 = (I_W(x) - \eta_s - \eta_m) e^{-\beta D_f} \quad (11)$$

ذرات نوین ناشی از حرکت آب و پراکندگی چندگانه نور از تصویر مه‌دار زیر آب حذف می‌شوند [۱].

تخمین ضریب فاصله

کانال تاریک یک روش مؤثر برای بازیابی وضوح اصلی تصویر زیر آب است. اکثر بخش‌هایی از یک تصویر که دارای پیکسل‌هایی با شدت روشنایی بسیار کم هستند حداقل در یک کانال رنگی قرار می‌گیرند. هدف DCP این است که در منطقه‌ی غیر زمینه‌ی تصویر ورودی، حداقل باید یک کانال رنگی وجود داشته باشد که دارای حداقل شدت در برخی از پیکسل‌ها است و تمایل به صفر دارد. به عنوان مثال، در تصویر رنگی RGB هر یک از سه کانال رنگی قرمز یا سبز یا آبی مقادیر شدت بسیار کم یا تقریباً نزدیک به صفر دارند. این یعنی حداقل شدت در آن منطقه باید کم‌ترین مقدار را داشته باشد. مقدار شدت روشنایی این پیکسل‌های تاریک توسط نور پس زمینه فراهم می‌شود.

$$Z(x) = \frac{H(x) - A}{\max(t(x), t_0)} + A \quad (12)$$

با ترکیب کانال تاریک پیشین با روش درون‌یابی مات‌سازی نرم از نقشه‌ی انتقال، تصویر بدون مه بدست می‌آید [۱].

تخمین نقشه‌ی نوردهی تطبیقی

بر اساس این مشاهدات که مناطق تاریک و روشن تصاویر زیر آب پس از بازسازی توسط کانال تاریک مه‌زدا، خیلی تاریک یا خیلی روشن می‌شوند، بنابراین از یک نقشه‌ی نوردهی تطبیقی برای تنظیم شدت روشنایی برای کیفیت بصری بهتر استفاده می‌شود. $s(x)$ نقشه‌ی نوردهی تطبیقی است که توسط معادله‌ی زیر محاسبه می‌شود [۱]:

$$s(x) = GF_I \left[\frac{Y_J(x)Y_I(x) + \sigma Y_I(x)^2}{Y_J(x)^2 + \sigma Y_I(x)^2} \right] \quad (13)$$

$$\text{خروجی} = Z^c(X) * s(X), c \in (r, g, b) \quad (14)$$

یکسان‌سازی هیستوگرام تطبیقی با کنتراست محدود

خروجی کنتراست بسیار کمی دارد، بنابراین از همسان‌سازی هیستوگرام تطبیقی اصلاح شده به نام همسان‌سازی هیستوگرام تطبیقی با کنتراست محدود (CLAHE) استفاده می‌شود، که با محدود کردن مقدار بهبود، از مشکل نوین همسان‌سازی هیستوگرام تطبیقی (AHE) جلوگیری می‌کند.

$$I_W(x) = I_0 e^{-\beta d(x)} + \eta_s + \eta_m \quad (1)$$

که β ضریب پراکندگی، $d(x)$ عمق صحنه، η_s عبارت نوین و η_m عبارت پیشنهادی برای بهبود تصویر زیر آب در شکل ۱ نشان داده شده است [۱].



شکل ۱: بلوک دیاگرام روش کانال تاریک پیشین با اصلاح گاما [۱]

اصلاح گاما

تابع چگالی احتمال (PDF) و تابع توزیع تجمعی (CDF) برای بهبود شدت روشنایی پیکسل استفاده می‌شوند، اما ممکن است روشنایی تصویر تغییر کند. با این حال، روش مرسوم اصلاح گاما بر مبنای عملکرد توان ثابت با توان γ باعث افزایش روشنایی می‌شود. مقدار γ مبتنی بر PDF و CDF توسط احتمال و استنباط آماری تعیین می‌شود. شکل ساده‌ی تبدیل مبتنی بر اصلاح گاما به صورت معادلات داده شده محاسبه می‌شود:

$$T(l) = l_{max} \left(\frac{1}{l_{max}} \right)^{1-cdf(l)} \quad (2)$$

$$cdf(l) = \sum_{l=0}^{l_{max}} pdf(l) \quad (3)$$

$$pdf(l) = \frac{\eta_l}{\tau} \quad (4)$$

$$\gamma = 1 - cdf(l) \quad (5)$$

که η_l تعداد پیکسل‌ها با شدت روشنایی l و τ تعداد کل پیکسل‌های تصویر است. این سیستم کنتراست تصویر را با روشنایی مناسب و بدون ایجاد آثار اضافی و اعوجاج افزایش می‌دهد [۱].

تخمین ضریب فاصله

شدت نور به مسافتی که نور طی می‌کند بستگی دارد. مسئله اصلی در این حوزه این است که جذب محیط برای طیف‌های مختلف نور متفاوت است، بنابراین ضریب فاصله برای مولفه‌های مختلف رنگ متفاوت خواهد بود. در اینجا برخی شرایط در مورد کانال‌های مختلف و تمام فرضیات مربوط به رنگ و عمق شی در نظر گرفته شده‌اند. سپس نسبت فاصله براساس شدت روشنایی قطعه در تصویر به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$D_r = \left[\sum_{\tau \in m, n} (I_g + I_b) / 2 \right] * I_r \quad (6)$$

$$D_g = \left[\sum_{\tau \in m, n} (I_r + I_b) / 2 \right] * I_g \quad (7)$$

$$D_b = \left[\sum_{\tau \in m, n} (I_r + I_g) / 2 \right] * I_b \quad (8)$$

این نتایج خوبی در هموارسازی تصاویر ایجاد می‌کند. در این کار، برای ورودی تصویر زیرآب، اولین مرحله از فیلتر گاوسی اعمال شده است. مقادیر سیگما برای فیلتر گاوسی به عنوان بالا، متوسط، پایین اختصاص داده می‌شود که برای اجزای مربوطه R، G و B به طور جداگانه استفاده می‌شود. سپس خروجی فیلتر گاوسی مرحله اول به عنوان ورودی برای فیلتر گاوسی مرحله دوم آبشاری داده می‌شود [۲].

یکسان سازی هیستوگرام تطبیقی با کنتراست

برابرسازی هیستوگرام تطبیقی با کنتراست محدود (CLAHE) یک نسخه پیشرفته از برابرسازی هیستوگرام تطبیقی (AHE) است، که مسائل نویز در AHE را تحت الشعاع قرار داده است. برای ورودی تصویر زیرآب از CLAHE به منظور کاهش نویز با افزایش کنتراست تصویر بخصوص در ناحیه همگن استفاده می‌شود. با تغییر مقدار شدت روشنایی در تصویر، افزایش کنتراست حاصل می‌شود. در اینجا، تصویر مؤلفه RGB به خانه‌های مربعی 8×8 تقسیم شده است. یک توزیع یکنواخت به عنوان شکل هیستوگرام برای خانه‌های مربعی تصویر اعمال می‌شود. هدف اصلی استفاده از این روش، کاهش نویز و جلوگیری از اشباع روشنایی مشابه با یکسان سازی هیستوگرام است [۲].

فیلتر میانه

ساختار گنجائیده شده از روش یکسان سازی هیستوگرام تطبیقی با کنتراست محدود، باعث بهبود بیش از حد در برخی پیکسل‌ها و ایجاد نویز در تصویر می‌شود. برای غلبه بر این مشکل از یک فیلتر میانه برای هموار کردن تصویر استفاده می‌شود. یک فیلتر میانه برای جدا کردن نویز و هموار کردن تصاویر مورد استفاده قرار می‌گیرد. فیلتر میانه یک فیلتر مکانی پنجره کشویی است. این فیلتر مقدار پیکسل مرکز را با میانگین مقادیر شدت در همسایگی آن پیکسل جایگزین می‌کند [۲].

$$y[m, n] = \text{median}\{x(i, j), (i, j) \in w\} \quad (15)$$

ادغام تصویر

فرایند ترکیب اطلاعات دقیق از دو یا چند تصویر در یک تصویر واحد به عنوان ادغام تصویر شناخته می‌شود. تصویر ادغام شده روشن‌تر از هر یک از تصاویر ورودی خواهد بود. ادغام تصویر ممکن است از روش فیلتر بالا گذر، ادغام تصویر مبتنی بر تبدیل IHS، ادغام تصویر مبتنی بر PCA، ادغام تصویر تبدیل موجک، تطبیق فرکانس مکانی دو به دو صورت گیرد. در این مقاله، از ادغام تصویر مبتنی بر PCA برای ادغام کردن دو تصویر به دست آمده از فیلتر گاوسی و فیلتر میانه و به دنبال آن از CLAHE برای بدست آوردن تصویر خروجی استفاده شده است [۲].

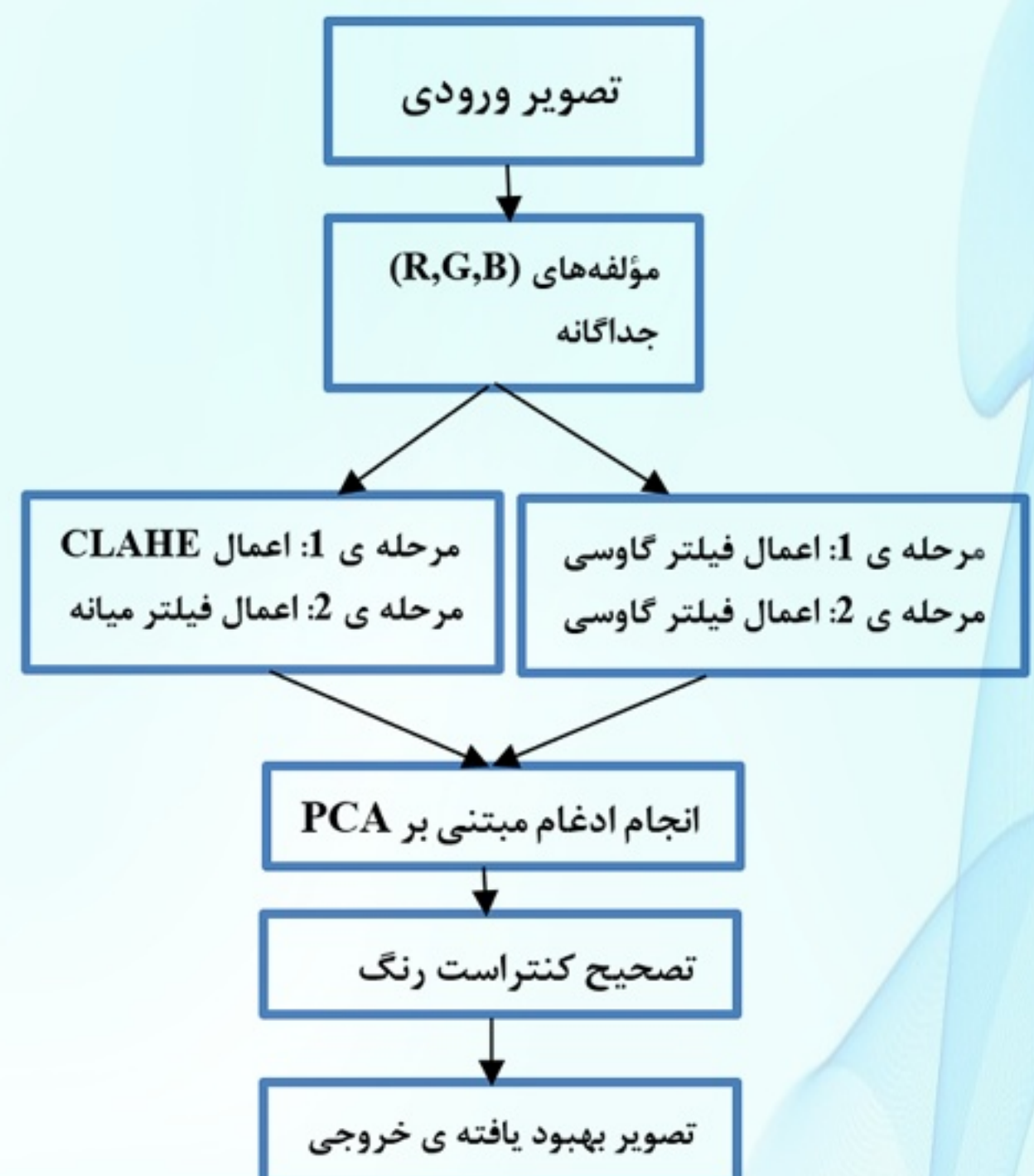
ادغام تصویر مبتنی بر PCA

PCA یک تکنیک آماری است که مجموعه داده چند متغیره از متغیرهای هم‌بسته را به مجموعه داده‌های ترکیبی ناهمبسته از متغیرهای اصلی تبدیل می‌کند. داده‌ها به عنوان بردارهای ستون هوشمند مرتب شده‌اند، تا یک ماتریس Z به اندازه $N \times 2$ کار را شروع کند و سپس بردار میانگین تجربی Me با اندازه 2×1 تولید می‌شود. میانگین بردار تجربی Me از ماتریس Z کم می‌شود.

مدل CLAHE کنتراست هر خانه‌ی مربعی تصویر را افزایش می‌دهد. مرزهای مصنوعی از ترکیب خانه‌های مربعی همسایه با استفاده از درون‌یابی دوطرفه از بین می‌روند. CLAHE بهبود را با استفاده از برش نمودار هیستوگرام در یک مقدار تعریف شده محدود می‌کند و از تقویت هر گونه نویز به خصوص در مناطق همگن در تصویر با استفاده از توزیع هیستوگرام یکنواخت اجتناب می‌کند. محدوده‌ی برش در سطوح مختلفی برای تصاویر با مقادیر شدت میانگین مختلف تنظیم شده‌است. در نهایت تصویر ورودی با خروجی CLAHE منطبق می‌شود تا خروجی بهبود یافته‌ی هموار شده بدست آید [۱].

فیلتر گاوسی دو مرحله ای

در دسترس بودن مولفه‌های ثابت RGB در تصاویر طبیعی می‌تواند کیفیت بصری‌اش را بهبود بخشد، اما یکنواختی مولفه‌های RGB را نمی‌توان در تصاویر زیر آب حفظ کرد. از این رو، به منظور از بین بردن اثرات کاهش رنگ و دید ضعیف از تصاویر زیر آب، فیلتر گاوسی دو مرحله‌ای و روش مبتنی بر ادغام پیشنهاد شده‌است. مراحل پردازش مربوط به روش فیلتر گاوسی دو مرحله‌ای (DSGF) شامل تقسیم تصویر زیر آب به صفحات رنگی RGB، گرفتن دو مجموعه از آن، استفاده از فیلتر گاوسی دو بار برای مجموعه اول، اعمال CLAHE به دنبال فیلتر میانه برای مجموعه دوم، ترکیب صفحات رنگی در هر دو مجموعه و انجام ادغام مبتنی بر PCA از هر دو مجموعه و پس از آن تصحیح کنتراست رنگ نهایی است. بلوک دیاگرام پیشنهادی برای بهبود تصویر زیر آب با این روش در شکل ۲ نشان داده شده است [۲].



شکل ۲: بلوک دیاگرام روش فیلتر گاوسی دو مرحله ای [۲]

فیلتر گاوسی دو مرحله ای

از فیلتر گاوسی می‌توان برای مات کردن تصاویر و جدا کردن جزئیات و نویز استفاده کرد. یک فیلتر گاوسی شبیه به یک فیلتر میانگین‌گیر با هسته‌ی متفاوت است که نشانگر منحنی گاوسی شکل زنگ است.



شکل ۳: (ج) مه زدایی کانال تاریک



شکل ۳: (د) تصویر بهبود یافته خروجی

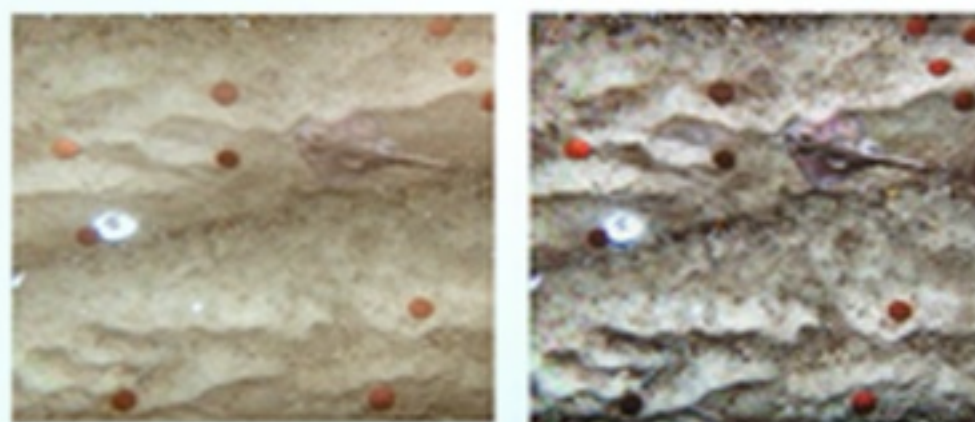
شکل ۳: نتایج کیفی روش کانال تاریک پیشین با اصلاح گاما [۱]
 تصحیح گاما، روشنایی کافی برای تصاویر کم نور را فراهم می کند (تصویر ب). تخمین ضریب فاصله، فاصله دقیق بین پیش زمینه شی و پس زمینه را فراهم می کند. کانال تاریک پیشین، اثر مه و نویز را در تصویر (ج) با استفاده از ضریب فاصله حذف می کند اما خروجی حاوی مناطق بسیار تاریک یا خیلی روشن است. با تخمین نقشه ی نوردهی تطبیقی از این مشکل جلوگیری می شود. این تصویر مه زدایی شده با کنتراست کم توسط CLAHE برای بهبود کنتراست و شدت روشنایی پردازش می شود. خروجی با کنتراست بهبود یافته برای بدست آوردن خروجی هموار (تصویر د) بر تصویر ورودی منطبق می شود [۱].
 نتایج کمی در جدول ۱ نشان می دهد که سیستم پیشنهادی در مقایسه با روش های مرسوم بهترین نتایج را ارائه می دهد. سیستم در نظر گرفته شده حداقل خطای میانگین مربعات (MSE) را ۵۰۸ ایجاد کرده و حداکثر پیک سیگنال به نویز (PSNR) ۲۱٫۲۰ دسیبل برای اولین تصویر ماهی بدست آمد. تصویر خروجی بهبود یافته ی بدون مه باعث جزئیات بیشتر در مورد تصویر می شود که می تواند برای نمایش و تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گیرد. جدول ۱ این مقادیر را نشان می دهد [۱].

روش	MSE	PSNR(dB)
کانال تاریک پیشین با اصلاح گاما	508.26	21.069

جدول ۱: نتایج کمی روش کانال تاریک پیشین با اصلاح گاما [۱]

روش فیلتر گاوسی دو مرحله ای

روش پیشنهادی توانایی مقابله با تغییر شکل غیر خطی تصویر و همچنین جلوه های مه را دارد. روش پیشنهادی کنتراست، وضوح و ظاهر طبیعی تصاویر زیر آب را بهبود می دهد. شکل ۴ نتیجه کیفی به دست آمده را نشان می دهد. تصویر سمت چپ تصویر اصلی و سمت راست تصویر بهبود یافته می باشد. تصویر بهبود یافته اطلاعات پنهان در تصویر ورودی را نشان می دهد [۲].



شکل ۴: نتایج کیفی روش فیلتر گاوسی دو مرحله ای [۲]

در نتیجه ماتریس X با ابعاد $N \times 2$ حاصل می شود. پس از آن ماتریس همبستگی C با استفاده از گفته $C = XX^T$ محاسبه می شود. سپس بردار ویژه V و مقادیر ویژه D برای ماتریس همبستگی C محاسبه می شوند. سپس همراه با آن بردار ویژه V و مقدار ویژه D به صورت مقادیر ویژه نزولی مرتب می شوند [۲].

$$A_1 = \frac{V(1)}{\sum V} \quad A_2 = \frac{V(2)}{\sum V} \quad (16)$$

تصویر ادغام شده برابر است با:

$$I_f(x, y) = A_1 I_1(x, y) + A_2 I_2(x, y) \quad (17)$$

$I_1(x, y)$ و $I_2(x, y)$ ، دو تصویر ورودی ادغام شده هستند. برای ادغام مبتنی بر PCA نیازی به در نظر گرفتن تعداد باندها نیست.

کنتراست رنگ

برای تشخیص یک شی، از کنتراست استفاده می شود. معمولاً کنتراست با تفاوت در درخشندگی یا رنگ یا روشنایی جسم و سایر اشیاء در همان میدان دید مشخص می شود. سیستم تصویری ما انسان ها به کنتراست نسبت به درخشش مطلق حساس تر است. برای کنتراست رنگ، محدوده ی دینامیکی تفاوت بین روشن ترین و تاریک ترین درخشندگی است. کنتراست رنگ بر روی تصاویر ادغام شده اعمال می شود، که بر پایه ی معادلات زیر است:

$$F_{mean} = \frac{1}{MN} \sum_i \sum_j I_F(i, j) \quad (18)$$

$$\text{میانگین} = \frac{1}{3} F_{mean} \quad (19)$$

$$K_F = \frac{\text{میانگین}}{F_{mean}} \quad (20)$$

$$\text{رنگ کنتراست} = K_F * I_F(i, j) \quad (21)$$

F_{mean} میانگین اجزای RGB جداگانه است، (j, i) مقادیر پیکسل سطرها و ستون ها است. I_F تصویر ورودی اجزای RGB است و (M, N) اندازه تصاویر است [۲].

ارزیابی دو روش ذکر شده

روش کانال تاریک پیشین با اصلاح گاما

نتایج به دست آمده از این روش در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: (الف) تصویر ورودی



شکل ۳: (ب) اصلاح گاما

مراجع

[1] OMKAR, G., POWAR, N.M, WAGDARIKAR. (۲۰۱۷). Underwater Image Enhancement using Dark Channel Prior with Gamma Correction. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. V. ۴۲۶-۴۲۱. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2017.3077..>

[2] Selva Nidhyandhan, S., Sindhuja, R., & Selva Kumari, R. S. (۲۰۲۰). Double Stage Gaussian Filter for Better Underwater Image Enhancement. Wireless Personal Communications. <https://doi.org/10.1007/s6-07509-020-11277>

[3] Singh, R., & Biswas, M. (۲۰۱۶). Adaptive histogram equalization based fusion technique for hazy underwater image enhancement. In IEEE international conference on computational intelligence and computing research. <https://doi.org/10.1109/ICCIC.112016.79197>

[4] Jiang, G., Lin, S. C. F., Wong, C. Y., Rahman, M. A., & Ren, T. R. (۲۰۱۵). Color image enhancement with brightness preservation using a histogram specification approach. Optic, ۵۶۶۴-۵۶۵۶, ۱۲۶. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2015.08.173>

روش پیشنهادی عملکرد بهتری را در مقایسه با روش‌های قبلی یکسان سازی هیستوگرام تطبیقی (AHE) [۳]، فیلتر تک مرحله گاوسی (SSGF) و گروه NMK ارائه می دهد [۴]. با بهبود شاخص تشابه ساختاری (SSIM)، آنتروپی و مقدار کمتر میانگین خطای مطلق روشنایی (AMBE)، دید بهتری حاصل می شود. هرچه آنتروپی بالاتر باشد اطلاعات بیشتری را در تصویر خروجی فراهم می کند. اگر مقدار AMBE کمتر باشد، نشان می دهد که روشنایی بهتر حفظ می شود، بنابراین مقدار AMBE کوچک مورد نظر است و مقدار AMBE صفر بهترین نتیجه است. در روش پیشنهادی، برای ۱۰۰ تصویر مختلف مقدار AMBE بسیار ناچیز ۰.۰۹۲۹، بدست آمده است که برتری این روش نسبت به سایر روش‌ها را نشان می دهد. این مقادیر در جدول ۲ آمده است [۲].

روش	آنتروپی	SSIM	AMBE
فیلتر گاوسی دو مرحله ای	7.8150	0.8963	0.0929

جدول ۲: نتایج کمی روش فیلتر گاوسی دو مرحله ای برای ۱۰۰ تصویر [۲]

روش	مزایا
کانال تاریک پیشین با اصلاح گاما	جلوگیری از مناطق بیش از حد تاریک و بسیار روشن با استفاده از نقشه نوردهی تطبیقی، جلوگیری از تقویت بیش از حد نویز با تنظیم محدودیت برش، حفظ ظاهر طبیعی عکس با وضوح بیشتر، آشکارسازی جزئیات بیشتر و اطلاعات ارزشمند، بهبود کنتراست
فیلتر گاوسی دو مرحله ای	پیچیدگی محاسباتی کمتر بهبود SSIM برای کنتراست بهتر بهبود آنتروپی برای محتوای اطلاعاتی بالا کاهش AMBE برای بهبود بیشتر

جدول ۳: مزایای دو روش ذکر شده

نتیجه گیری

استراتژی‌های به کار رفته در زمینه بهبود تصاویر زیر آب به جز در مورد شرایط محیطی، عمدتاً با روش‌های بهبودی که برای تصاویر پزشکی، تصاویر ماهواره‌ای و سایر تصاویر چندرسانه‌ای به کار می‌روند، مشابه هستند. این روش‌ها در کاربردهای مختلفی از جمله نظارت جانبی دریا و کشف اشیاء در محیط زیر آب به کار می‌روند.

روش‌های مرسوم بهبود تصویر نمی‌توانند تخریب کنتراست تصاویر زیر آب را جبران کنند. همچنین محدودیت‌های شدیدی برای کاربردهای عملی دارند. دو روش ذکر شده برخلاف روش‌های پیشین کنتراست تصویر را بهبود می‌بخشند و هر کدام مزایای خاص خود را دارند. در آینده روش‌های بهبود تصویر زیر آب می‌توانند بر موارد زیر توجه بیشتری داشته باشند:

۱. پیچیدگی محاسباتی همچنان می‌تواند کمتر شود.
۲. محققان عمدتاً روی یک تصویر در زیر آب تمرکز می‌کنند، اما به فیلم‌های زیر آب و وضوح فوق‌العاده تصویر زیر آب باید توجه بیشتری شود.

سینا بنی اسد آزاد ۱

۱. دانشجوی کارشناسی مهندسی برق، دانشگاه
شهید بهشتی

چکیده

تقویت کننده های کم نویز (LNA)، یکی از اجزای اصلی سیستم های ارتباطی هستند و هدف آنها این است که سیگنال دریافت شده به حداقل مقدار نویز برسد. پس از انتخاب مدار مناسب برای LNA، این مدار باید طراحی و بهینه سازی شود. یکی از این فناوری ها، فناوری CMOS می باشد؛ که به دلیل داشتن توان مصرفی پایین، سطح فشردگی بالا و هزینه ساخت پایین، یکی از اصلی ترین فناوری ها در طراحی مدارهای مجتمع رادیویی است. در این مقاله، فناوری CMOS و روش های طراحی مبتنی بر آن معرفی شده است. واژگان کلیدی: تقویت کننده کم نویز، CMOS، LNA، تطبیق امپدانس، تطبیق نویز.

مقدمه

کاهش توان مصرفی منجر به طراحی هایی با طول عمر بالاتر باتری می شود. اندازه گیری ترانزیستور (بدست آوردن طول و عرض نیمه هادی)، مقیاس گذاری ولتاژ، مناطق جدای ولتاژ، درگاه گذاری توان، ترانزیستورها با کانال های طولانی و ... باعث کاهش توان می شوند که در فناوری CMOS امکان پذیر است. بدین سبب، فناوری طراحی مدار مجتمع CMOS، به دلیل داشتن سطح فشردگی بالا، توان مصرفی و هزینه ساخت پایین یکی از اصلی ترین فناوری ها در طراحی مدارهای مجتمع رادیویی است که امروزه به طور گسترده در حال پیشرفت می باشد [۲].

به منظور پیاده سازی گیرنده های رادیویی در سیستم های بی سیم مختلف، می توانیم از فناوری CMOS استفاده کنیم، که به دلیل فناوری scaling، سطح بالاتری از تطبیق، کاهش هزینه و ... را دارند [۴، ۵]. طراحی LNA شامل ملاحظات بین شکل نویز، بهره خطی، تطبیق امپدانس و اتلاف توان می باشد [۶].

هدف اصلی طراحی LNA دستیابی به نویز و تطبیق ورودی (SNIM) با توان اتلافی معین است. تعدادی از تکنیک های طراحی LNA برای تحقق این هدف به صورت زیر است [۳]:

- تکنیک تطبیق نویز کلاسیک (CNM)
- تکنیک SNIM₂

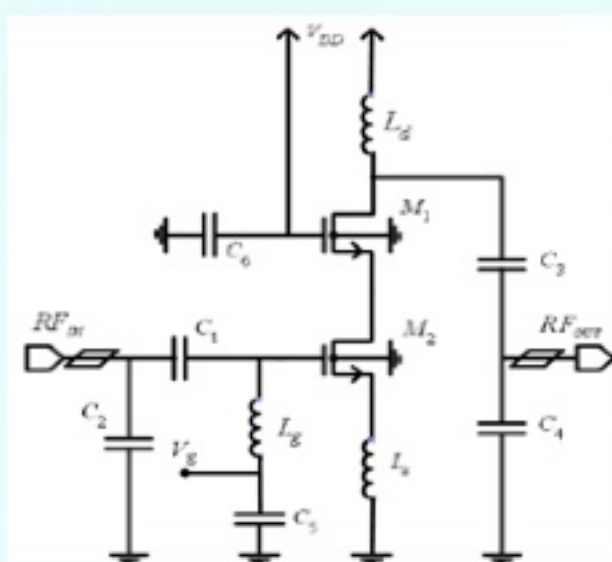
- تکنیک بهینه سازی نویز محدود به توان (PCNO) ۳

- تکنیک تطبیق همزمان نویز و ورودی محدود به توان (PCSNIM) ۴

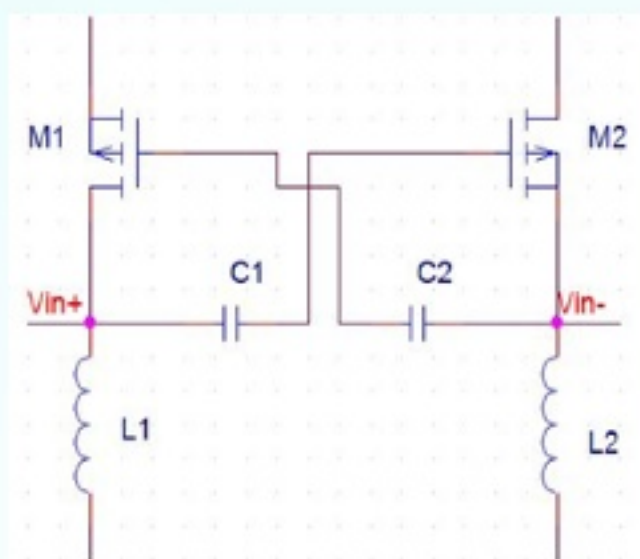
ترانزیستورهای LNA

مدارهای LNA در فناوری CMOS با طبقه های سورس مشترک (CS) و گیت مشترک (CG) طراحی شده اند، طبقه کاسکود که به طور گسترده در LNA های CMOS RF مورد استفاده قرار می گیرد می تواند در طراحی جدید به عنوان یک طبقه CS و پس از آن یک طبقه CG در نظر گرفته شود. بیشترین ترانزیستور های مورد استفاده در تقویت کننده کم نویز CMOS، CG و CS هستند که طبقه CS تقویت کننده کم نویز بهره بالا و تطبیق نویز خوبی به ما می دهد و طبقه CG امپدانس ورودی مدار را تنظیم می کند [۷].

برخلاف طبقه CS، طبقه CG تطبیق نویز ضعیفی دارد که البته بعضی تکنیک ها مانند کوپلاژ خازنی ۳ به منظور بهبود تطبیق نویز ارائه شده است [۸، ۹، ۱۰].



شکل ۲ مدار پیشنهاد شده برای کسکود یک طبقه [۱۵]



شکل ۱. کوپلاژ خازنی در یک تقویت کننده کم نویز دیفرانسیلی CG

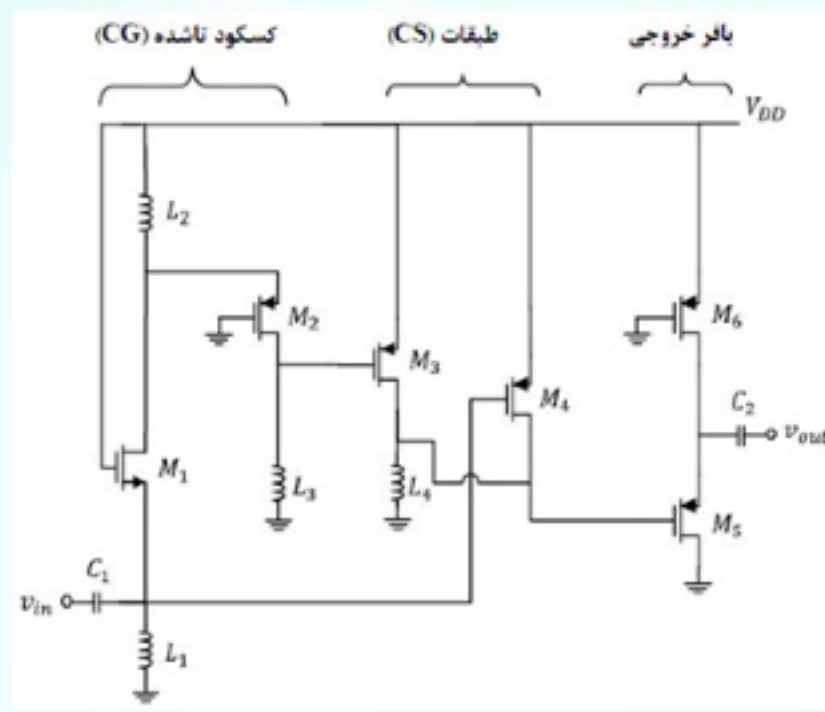
برای تطبیق پهنای باند ورودی می توانیم از طراحی CG استفاده کنیم، به همین دلیل طبقه CG در LNA به طور گسترده استفاده می شود. با این حال طبقه CS در موارد ویژه مانند فیدبک کاربرد دارد.

تقویت کننده کم نویز

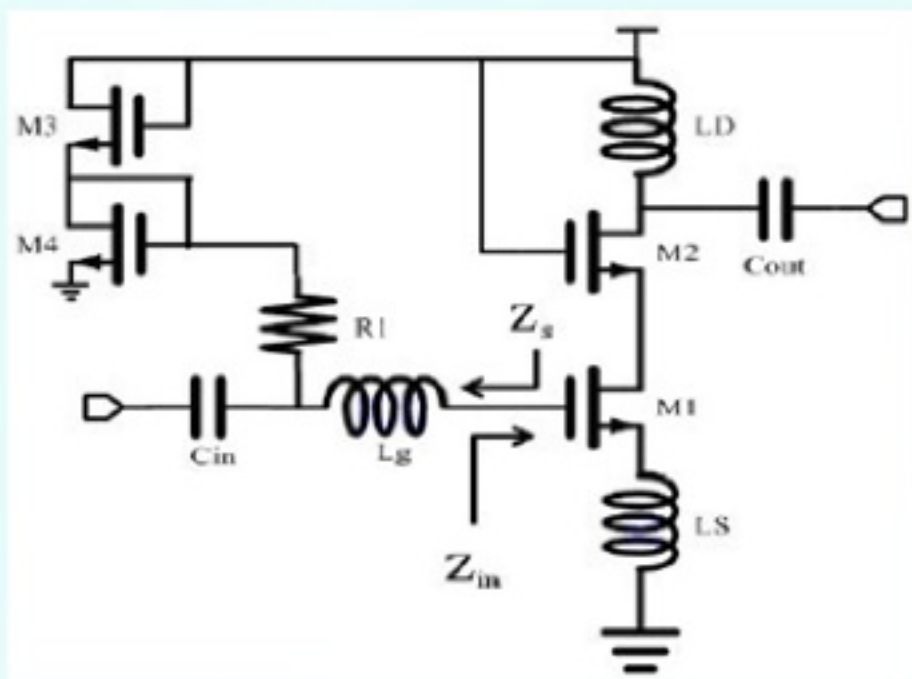
افزایش بهره، تطبیق نویز مناسب، کاهش توان مصرفی و عایق بندی معکوس بالا از ویژگی های این تقویت کننده هستند. در طبقه کسکود اختلال های ورودی درگیر درین طبقه CS در فرکانس های بالا افزایش می یابد و باعث اختلال در تطبیق نویز و بهره می شود [۱۱، ۱۲].

بهره

با توجه به اینکه LNA به عنوان گیرنده سیگنال بعد از آنتن عمل می کند، دستیابی به بهره بالا برای تقویت سیگنال RF ضروری می باشد. طبقه اول که CG می باشد می تواند بهره را بالا برد زیرا اگر g_m را زیاد کنیم امپدانس ورودی کم می شود، پس برای بالا بردن بهره از طبقه CS استفاده می کنیم. همچنین بالا بردن g_m باعث کاهش توان مصرفی و خازن های پارازیتی ترانزیستور ها می شود [۱]. در شکل های ۴ و ۵ دو مدار پیشنهادی برای LNA آمده است.



شکل ۵. مدار تقویت کننده کم نویز پیشنهادی [۱۶]



شکل ۴. مدار تقویت کننده کم نویز پیشنهادی [۱۷]

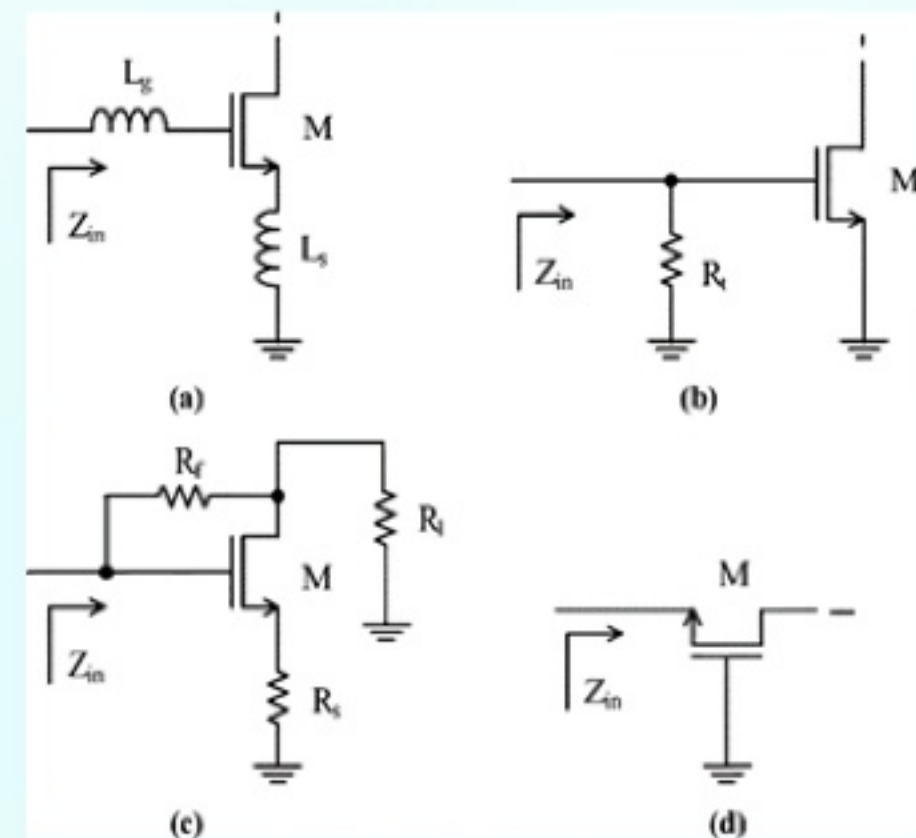
۶- نتیجه گیری

با طراحی تقویت کننده مبتنی بر CMOS توانستیم توان مصرفی که یکی از شاخصه های مهم در طراحی مدار است را کاهش دهیم، همچنین توانستیم با ترانزیستورهای مبتنی بر CMOS تضعیف نویز مناسب و افزایش بهره خوبی داشته باشیم. از دیگر مزیت های این روش تطبیق امپدانس ورودی می باشد.

به طور معمول طبقه کسکود در فرکانس های موج میلیمتری استفاده می شود اما می توانیم با استفاده از روش هایی مانند شبکه های پیچیده LC در ورودی و فیدبک، کسکود را در کاربردهای پهنای باند استفاده کنیم.

۴- تطبیق نویز و بهره

همان طور که اشاره شد تضعیف نویز و افزایش بهره دو مشخصه مهم در LNA هستند، در اینجا به تطبیق نویز و بهره می پردازیم. با استفاده از تطبیق نویز، کمترین مقدار شکل نویز بدست می آید. از طرفی بهره بدست آمده بیشترین مقدار بهره برای مدار است که یک تناقض می باشد زیرا رسیدن به کمترین مقدار نویز و بیشترین مقدار بهره به طور همزمان امکان پذیر نیست. یکی از مزیت های فناوری CMOS تطبیق کمترین نویز و بیشترین بهره است به طوری که بسیار نزدیک به بهترین حالت خود باشند و این یکی از اهداف ماست که به آن می رسیم [۱۳]. برای تطبیق حداکثر بهره، امپدانس ورودی LNA باید شامل یک ترم مقاومتی باشد. سپس تطبیق شبکه، این مقاومت را به قسمت واقعی امپدانس منبع تبدیل می کند. در طبقه CG ترم مقاومتی بخشی از امپدانس ورودی منبع ترانزیستور است و در امپدانس ورودی طبقه CS و کسکود یک خازن قرار دارد و به این دلیل ترم مقاومتی به امپدانس ورودی اضافه می شود.



شکل ۳. ساختارهای مختلف برای اضافه کردن مقاومت به امپدانس ورودی [۱۶]

گذشتن سلف در ورودی طبقه CS باعث ایجاد امپدانس ورودی، ایجاد تضعیف نویز و افزایش بهره می شود [۱۴]. همچنین برای تولید جمله مقاومتی در امپدانس ورودی طبقه CS می توانیم از مقاومت پلی سیلیکون گیت استفاده کنیم که این روش مقاومت گیت را به 50Ω می رساند [۱۵].

۵- طراحی تقویت کننده کم نویز کم توان امپدانس ورودی

برای تطبیق امپدانس مناسب معمولاً از طبقه CG در ورودی LNA استفاده می شود. اگر ترانزیستورهای MOSFET کانال بلند را در طراحی بکار ببریم امپدانس ورودی با تقریب $1/g_m$ بدست می آید و برای ترانزیستورهای MOSFET کانال کوتاه از فرمول (۱) یافت می شود.

$$R_{in} = \frac{R_D + r_o}{1 + g_m r_o} \quad (1)$$

مراجع

[۱] تکبیری، مجید، تبریزی، امید، بیجاری، ابوالفضل و رضوی، سید محمد، «طراحی یک تقویت کننده کم نویز CMOS با عدد نویز بسیار پایین برای کاربردهای فرآپهن»، بیست و چهارمین کنفرانس مهندسی برق ایران، شیراز، ۱۳۹۵.

[۲] زاهدی، امیر، اکبری برومند، فرهاد و نجفی اقدام، اسماعیل، «طراحی تقویت کننده کم نویز بر اساس روش تطبیق نویز اصلاح شده»، فصلنامه صنایع الکترونیک، ۷ (۲)، ۱۳۹۵.

[۳] T. K. Nguyen, C. H. Kim, G. J. Ihm, M. S. Yang, and S. G. Lee, «CMOS Low-Noise Amplifier Design Optimization Techniques», IEEE Trans. Microw. Theory Tech., VOL. ۵۲, NO. ۵, pp. ۱۴۴۲-۱۴۳۳, May. ۲۰۰۴.

[۴] B. Razavi, «CMOS technology characterization for analog and RF design», IEEE J. Solid-State Circuits, vol. ۳۴, pp. ۲۶۸-۲۷۶, Mar. ۱۹۹۹

[۵] T. H. Lee, «۵GHz CMOS wireless LANs», IEEE Trans. Microwave Theory Tech, vol. ۵۰, pp. ۲۸۰-۲۶۸, Jan. ۲۰۰۲.

[۶] V. Govind, S. Dalmia, and M. Swaminathan, «Design of integrated Low Noise Amplifiers (LNA) using embedded passives in organic substrates», IEEE Transaction on Advanced Packaging, vol. ۲۷, no. ۱, pp. ۸۹-۷۹, Feb. ۲۰۰۴.

[۷] Sudip Shekhar, Jeffery S. Walling, Sankaran Aniruddhan and David J. Allstot, «CMOS VCO and LNA using tuned-input tuned-output circuits», IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. ۴۳, no. ۵, pp. ۱۱۸۶-۱۱۷۷, may ۲۰۰۸.

[۸] Andrea Bevilacqua, Christoph Sandner, Andrea Gerosa, and Andrea Neviani, «A fully integrated differential CMOS LNA for -۵-۳GHz ultra-wideband wireless receivers», IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. ۱۶, no. ۳, pp. ۱۳۶-۱۳۴, March ۲۰۰۶.

[۹] R. G. Meyer and W. D. Mack, «A ۱GHz BiCMOS RF front-end IC», IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. ۲۹, pp. ۳۵۵-۳۵۰, March ۱۹۹۴.

[۱۰] Terry Yao^۱, Michael Gordon, Kenneth Yau^۱, M.T. Yang, and Sorin P. Voinigescu, «-۶۰GHz PA and LNA in -۹۰nm RF-CMOS», In Proceedings of the IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium (RFIC۲۰۰۶), pp. ۴, June ۲۰۰۶

[۱۱] H. S. Savci, Z. Wang, A. Sula, N. S. Dogan, «A -۱V UHF low noise amplifier for ultralow-power applications», In

Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuit and Systems (ISCAS۲۰۰۶), pp. ۲۰۰۶, ۴۴۹۸-۴۴۹۵.

[۱۲] Saman Asgaran, M. Jamal Deen, and Chih-Hung Chen, «A -۴mW monolithic CMOS LNA at ۵,۷ GHz with the gate resistance used for input matching», IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. ۱۶, no. ۴, pp. ۱۹۰-۱۸۸ April ۲۰۰۶.

[۱۳] Shervin Ehrampoosh and Ahmad Hakimi, «High Gain CMOS Low Noise Amplifier with ۲,۶ GHz Bandwidth», ICCOM ۱-۲۰۱۰st International Conference on Communications Engineering, Dec. ۲۰۱۰, ۲۴-۲۲.

[۱۴] Yang Lu, Kiat Seng Yeo, Alper Cabuk, Jianguo Ma, Senior Member, IEEE, Manh Anh Do, Senior Member, IEEE, and Zhenghao Lu, «A Novel CMOS Low-Noise Amplifier Design for ۳,۱ to -۱۰,۶GHz Ultra-Wide-Band Wireless Receivers», IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS—I: REGULAR PAPERS, VOL. ۵۳, NO. ۸, AUGUST ۲۰۰۶.

بخش دوم

مطالب عمومی

همچنین شما نیز در صورت علاقه‌مندی می‌توانید مطالبی اعم از علمی، طنز، مصاحبه، کاریکاتور، گزارش‌ها و حتی فعالیت‌های خود در زمینه‌های گرافیکی و عکاسی و ... را به نشانی پست الکترونیک زیر ارسال نمایید.

peakmagazine10@gmail.com

طراحان :

ابوالفضل زمانی - پریناز معینی -
روشنک مرادی - محمد کلائی

در این بخش مطالبی با محوریت مهندسی برق قرار گرفته است که مورد استفاده‌ی عموم دانشجویان و حتی دانشجوین سایر رشته‌ها نیز می‌باشد.

مطالب انتخاب شده در این قسمت به شرح زیر می‌باشند:

دانستی‌ها و تازه‌های مهندسی برق:
جدال میان نبوغ تسلا و ایلان ماسک

زنان پیشگام در مهندسی:
مصاحبه با سرکار خانم دکتر مریم طایفه محمودی

جعبه ابزار:
معرفی پایرومترها (دماسنج‌ها) پر کاربرد

در انجمن‌های مهندسی برق چه میگذرد؟
گزیده‌ای از فعالیت‌های انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق ایران

دانشتیی ها

گردآورنده: محمد ابطحی

صفحه اول

دو سال دیگر
تا ارائه تکنولوژی تولید پردازنده های ۳ نانومتری

PEAK

Loughborough University

صفحه دوم

فناوری جدید
دانشگاه لافورو با نام تینا

صفحه سوم

نورالینک
ایده ی دیوانه وار ایلان ماسک

صفحه چهارم

انتقال بدون سیم برق
اختراع تسلا و رویای بشر

دو سال دیگر

تا ارائه تکنولوژی تولید پردازنده های ۳ نانومتری

PEAK

شرکت تایوانی TSMC در رویداد

سالانه‌ی اخیر خود، Technology Symposium،

مشخصات فرایند تولید سه نانومتری را شرح داد:

اولین اطلاعات مهم رویداد TSMC به فرایند تولید N5 اختصاص داشت که

از نسل دوم فرایندهای تولیدی DUV و EUV در آن استفاده می‌شود.

این فرایند تولیدی پس از NV+ که استفاده‌ی زیادی در صنعت

نداشت، با روش‌های جدید سعی در بهبود کارایی تراشه‌ها

دارد. پردازنده‌ی Kirin ۹۹۰ هواوی تنها پردازنده‌ای بود

که از روش تولید NV+ بهره می‌برد. به‌رحال روش

تولید N5 یا همان پنج نانومتری از مدت‌ها

پیش وارد فرایند تولید انبوه شده است و

اولین تراشه‌های مبتنی بر آن، امسال

به دست مشتریان می‌رسند.

TSMC

ادعا می‌کند که

فرایند تولید پنج نانومتری

از لحاظ سرعت پیشرفت در

مسیر بهتری نسبت به نسل‌های

قبلی قرار دارد. آن‌ها می‌گویند N5 در

مقایسه به NV یک فصل زودتر به بازدهی

مناسب تولید رسید. تراشه‌های پنج نانومتری

اکنون در وضعیت تولید انبوه، بازدهی بسیار بیشتری

نسبت به هر دو نسل قبلی یعنی NV و N10 دارند.

غول تایوانی دنیای نیمه‌هادی روش تولید جدیدی به نام

N5P را در دستور کار دارد که براساس فناوری کنونی N5

توسعه می‌یابد. هدف از معرفی روش بهینه‌ی جدید، بهبود کارایی

و مصرف توان با استفاده از طراحی قبلی است. مهندسان ادعا می‌کنند

که روش بهینه، پنج درصد سرعت بیشتر و ۱۰ درصد مصرف توان پایین‌تر دارد.

TSMC علاوه بر N5P روش دیگری به نام N4 را نیز توسعه می‌دهد. روش

مذکور، بهینه‌سازی را در سطوح عمیق‌تری مبتنی بر روش تولید پنج نانومتری در

پیش می‌گیرد. از جزئیات مهم N4 می‌توان به استفاده از لایه‌های EUV بیشتر اشاره کرد.

سامسونگ هم مانند TSMC فرایند تولید سه نانومتری را در برنامه‌ی طراحی و آزمایش

دارد. کره‌ای‌ها از ساختار ترانزیستوری GAA برای تولید استفاده می‌کنند، درحالی‌که TSMC

هنوز به ترانزیستورهای FinFET وفادار خواهند ماند. آن‌ها امیدوار هستند که FinFET در روش

تولید نسل بعدی هم دستاوردهای خوبی برای عبور از هر نسل روش تولید، به‌همراه داشته باشد.

طراحی تراشه‌های مدرن، بیش از همیشه روی SRAM تمرکز می‌کند. به‌صورت کلی، نسبت ۷۰ به ۳۰ برای چگالی بخش

SRAM نسبت به بخش منطقی (Logic) در هر تراشه پیش‌بینی می‌شود. در نتیجه در سطح تراشه، پیش‌بینی کوچک شدن قالب

حدود ۲۶ درصد یا کمتر خواهد بود. در نهایت باید منتظر ماه‌ها و سال‌های پیش‌رو باشیم تا فرایندهای تولید در ابعاد بسیار

کوچک‌تر، به‌مرور از حالت آزمایشی به تولید انبوه برسند و شاید تأثیری عمیق بر افزایش کارایی پردازنده‌ها داشته باشند.



فناوری جدید

دانشگاه لافورو با نام تینا



PEAK

فناوری جدید

دانشگاه لافورو با نام تینا

از طریق اسکنر لیدار و سیستم دوربین، با ساخت تصویری سه بعدی از محیط نابینایان را در مسیریابی راهنمایی می کند؛ سگ های راهنما به عنوان یاری دهنده ای به منظور تحرک بیشتر، نقش مهمی برای افراد مبتلا به اختلالات بینایی برعهده دارند؛ ولی استفاده از این حیوانات برای تمامی افراد راهکار ایده آلی نیست.

مشکلاتی همچون هزینه و کوچک بودن محل

زندگی و حتی گونه های مختلف آرزوی سبب شده است

این سگ ها برای بسیاری از افراد مناسب نباشند. باین حال، فناوری در حال توسعه ای در دانشگاه لافورو با ارائه ویژگی های سگ راهنما در دستگاهی رباتیک که می توان آن را در دست نگه داشت، راهکار جایگزینی ارائه می دهد. فناوری اصلی در این دستگاه چیزی است که با عنوان ژيروسکوپ لحظه ای کنترل (CMG) شناخته می شود. این فناوری اغلب جزئی از سیستم های کنترل حالت فضاپیماها از جمله ایستگاه فضایی بین المللی است. CMG به دستگاه تینا را کمک می کند بسته به مکانی که در آن قرار دارد، بازخورد نیرو ارائه دهد و دقیقاً همچون بند سگ راهنما، به عنوان روشی برای هدایت دارندگان دست آن ها را به سمت مسیر مدنظر حرکت دهد. تینا همچون وسایل نقلیه خودران از طریق اسکنر لیدار و سیستم دوربین که امکان ساخت تصویری سه بعدی از محیط را فراهم می کنند، راه پیرامونش را پیدا می کند. کاربران می توانند از طریق دستورها صوتی مقصدشان را وارد کنند و پردازنده های تعبیه شده بهترین مسیر را تشخیص دهند. تینا هنگام مسیریابی حتی داده های لحظه ای درباره تردد عابران پیاده و ترافیک خودروها و وضعیت آب و هوایی را نیز در نظر می گیرد.



با نورالینک

ایده ی دیوانه وار ایلان ماسک

PEAK

با نورالینک، ایده ی دیوانه وار ایلان ماسک بیشتر آشنا شوید:

برخلاف دیگر فعالیت‌های مشهور ایلان ماسک در دو شرکت اسپیس اکس و تسلا، Neuralink از نظر میزان سرعت در ابداعات و رساندن محصولات به دست مصرف‌کنندگان، با محدودیت‌های فراوان مواجه است. بنابراین شاید خوب باشد که به مرور هرآن چیزی پردازیم که باید درباره این پروژه بدانیم: چه موضوع صحبت چیزهایی باشد که در تئوری امکان‌پذیر است، چه اینکه چقدر در عمل باید به پروژه بدبین باشیم و چه اینکه چه افراد دیگری در حال طراحی رابط‌های مغزی-کامپیوتری مشابه هستند.

Neuralink که در سال ۲۰۱۷ برای نخستین

بار به جهان معرفی شد، قرار است از «رابط مغزی-

کامپیوتری فوق پهن‌باند» برای «اتصال انسان‌ها و کامپیوترها

به یکدیگر» استفاده کند. اگر ساده‌تر بگوییم، قرار است چیپ‌هایی

درون مغز ما ایمپلنت شوند که به کامپیوترها متصل‌مان می‌کنند.

در ابتدا، از رابط‌های مغزی-کامپیوتری Neuralink می‌توان برای درمان اختلالات

مغزی استفاده کرد، چیزهایی مانند بیماری پارکینسون، صرع یا حتی افسردگی. از

این رابط‌ها می‌توان برای کنترل دیوایس‌های کمکی معلولان نیز استفاده کرد: برای

مثال یک شخص با تفکر خود، اعضای مصنوعی بدنش را کنترل می‌کند. اما اگر هدف

ایلان ماسک به غایی‌ترین شکل خود برسد، این تکنولوژی می‌تواند شکلی ابرانسانی‌تر

خود به گرفته و به انسان‌های آینده اجازه دهد که دیوایس‌های اکسترنال را با مغز

کنترل کنند، افکار را مستقیماً به درون ذهن شخصی دیگر مخابره نمایند و حتی

ظرفیت‌های شناختی خود را بهبود داده و به هوش و حافظه بالاتر دست یابند.

ماسک عقیده دارد که Neuralink یک راه احتمالی برای مقابله با آخرالزمان هوش

مصنوعی خواهد بود و می‌گوید این تکنولوژی «ما را به نوعی هم‌زیستی

با هوش مصنوعی» خواهد رساند. او این بحث را پیش می‌کشد که

با بهبود توانایی‌های مغز نحیف‌مان می‌توانیم همگام با

پیشرفته‌ترین تکنولوژی‌ها باقی بمانیم. با این رویکرد

که «اگر نمی‌توانی شکست‌شان دهی، به

آنها بپیوند.»

انتقال بدون سیم برق

اختراع تسلا و رویای بشر

PEAK

انتقال بدون

سیم برق، اختراع

تسلا و رویای بشر کنونی :

تسلای بزرگ (Tesla) بیش از یک قرن پیش این تکنولوژی را در سخنرانی‌های معروفش به نمایش گذاشت. این دانشمند یک لامپ را در هوا آویزان و آن را بدون هیچ سیمی روشن می‌کرد! تماشاگران هر بار از دیدن شاهکار او به وجد می‌آمدند، اما حقه‌ای در کار نبود و فقط القای جریان عامل این پدیده بود. در اصل، تسلا کارش را با مجموعه‌ای از سیم پیچ‌های بزرگ که میدان مغناطیسی تولید می‌کردند و باعث القای جریان در چراغ می‌شدند، انجام می‌داد. به همین سادگی! با فرا رسیدن آینده تکنولوژی، هر کجا که باشید به برق بی‌سیم دسترسی خواهید داشت، درست به همان راحتی که امروز به وای‌فای دسترسی دارید. وقتی در حال حرکتید تلفن هوشمند شما در جیبتان شارژ می‌شود، تلویزیون‌ها بدون نیاز به هیچ سیمی کار می‌کنند و ماشین‌های برقی در حالی که در خیابان قرار دارند سوخت‌گیری می‌کنند.

بنا بر این جزئیات فنی آنچه که تسلا رویای عملی کردنش را داشت، به همراه خودش دفن شد.

نهایتاً در

اواسط جنگ جهانی

اول، برج به‌طور کلی تخریب

شد. این اتفاق روحیه تسلا را بسیار

تضعیف کرده و منجر به افسردگی او شد.

در اوج جنگ جهانی دوم، در سال ۱۹۴۳

او در هتلی در نیویورک درگذشت و

دست‌نوشته‌هایش به طرز

مشکوک‌ی ناپدید

شدند.

در واقع، این تکنولوژی همین

الان هم وجود دارد اما برای استفاده از آن

در مقیاس بالا به زیرساخت‌های زیادی احتیاج

داریم. دستگاه‌هایی که از این طریق شارژ می‌شوند

باید با ایستگاه‌های شارژ سازگار باشند و همین مساله به تلاش

زیادی هم از طرف سازندگان شارژر و هم سازندگان دستگاه‌های مختلف

نیاز دارد. با این حال، داریم به بهره‌برداری از این تکنولوژی نزدیک می‌شویم.

او آزمایش‌هایش را با این هدف ادامه داد که اولین رعد و برق که تا آن روز توسط انسان

ساخته نشده بود را ایجاد کند. برای این منظور تسلا یک کره مسی را در ارتفاع ۱۴۲ فوتی در سقف

آزمایشگاه خود، بالای یک دکل قرار داد. سیم‌کشی قابل توجه در برج از طریق یک سیم پیچ تسلا با ولتاژ

بسیار بالا به آزمایشگاه متصل می‌شد. در شب آزمایش، آسمان با وصل شدن برق، با نور آبی به کلی روشن شد.

جریان برقرار شده توسط تسلا در حالت کلی به دو صورت بود. اولین شکل از انتقال انرژی

به وسیله امواجی بود که در زیر پوسته زمین و در زیر دریاها ایجاد می‌شد. گیرنده

باید به شکل آنتنی باشد که بخشی از آن در زیر زمین قرار داشته باشد. این آنتن

با دریافت بارهای الکتریکی می‌توانست سیگنال مخابره شده را دریافت کند.

جالب است بدانید که با استفاده از این برج‌ها امکان انتقال اطلاعات نیز وجود داشت.

در حقیقت این برج نسخه امروزی برج‌های مخابراتی و ایستگاه‌های رادیویی

محسوب می‌شود. آزمایش‌های تسلا نشان داده بود که طرح او به

خوبی می‌تواند انرژی الکتریکی را به صورت بی‌سیم منتقل کند.

اما سقوط بازار در ابتدای قرن بیستم و افزایش قیمت

مواد اولیه، پروژه را متوقف کرد.

زنان پیشگام در مهندسی



مصاحبه کننده: روشنگ مرادی عکاس: شقایق مرادی ویراستار: محمد امین واهب

مصاحبه با سرکار خانم دکتر طایفه محمودی؛ مدیر دفتر آموزش و همکاری های علمی و بین المللی پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، عضو هیئت علمی این پژوهشگاه و رییس کمیته زنان در مهندسی بخش ایران IEEE و همچنین گزارشگر ارشد ایران در ITU.

مقدمه:

اوایل پاییز ۱۳۹۹ بود که بالاخره پس از چند ماه نامه نگاری با هماهنگی قبلی به ساختمان پژوهشگاه وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات رفتیم و بعد از رد شدن از گیت بازرسی وارد ساختمان شدیم و به طبقه ی پنجم که دفتر مدیر دفتر آموزش و همکاری های علمی و بین المللی پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات؛ سرکار خانم طایفه محمودی بود، هدایت شدیم. پس از چند دقیقه ای انتظار خانم دکتر با گرمی به استقبال ما آمدند و به دفترشان دعوتمان کردند که برخلاف معماری فضای بقیه ساختمان اتاقی با پنجره های بزرگ و پر از گلدان های رنگارنگ و میزی پوشیده شده از برگه، پوشه و البته یک لیوان چای بود، در ابتدا پس از سلام و احوالپرسی در مورد سفرمان از اصفهان پرسیدند و خوش برخوردی ایشان ما را هم به وجد آورد انگار که مدت ها بود همدیگر رو میشناختیم تا جایی که مصاحبه ی رسمی ای که تصور میکردم به گفت و گویی صمیمانه و تجربه ای متمایز تبدیل شد. البته در طول جلسه به علت فاصله ی استاندارد

ماسک هایمان را برداشتیم و خانم دکتر در کنار لبخند صمیمانه ای که تا پایان جلسه داشتند به پرسش های ما با حوصله پاسخ دادند، در این مصاحبه خلاصه

ای از گفت و گوی ما با سرکار خانم دکتر طایفه محمودی در رابطه با سرگذشت، فعالیت ها، تجارب و طرز فکر ایشان را مطالعه میکنید، امیدوارم این مصاحبه همانطور که برای من به شخصه اتفاقی جدید بود برای شما نیز جالب و مثمر تر واقع شود.

● سلام خدمت شما و سپاسگزارم بابت فرصتی که در اختیار ما قرار دادید، اگر ممکن هست ابتدا خودتان را معرفی کنید.

با سلام خدمت شما و تمامی مخاطبان نشریه پیک، من مریم طایفه محمودی مدیر دفتر آموزش و همکاری های علمی و بین المللی پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، عضو هیئت علمی این پژوهشگاه و عضو ارشد سازمان IEEE و رییس کمیته «زنان در مهندسی» بخش ایران IEEE هستم. همچنین گزارشگر ارشد ایران در ITU (اتحادیه بین المللی مخابرات) در حوزه question seven سری گروپ وان هستم؛ که در رابطه با دسترسی پذیری ICT (فناوری اطلاعات و ارتباطات) برای افراد توان خواه و افرادی با نیاز های خواص یعنی زنان و کودکان و سالمندان می باشد. این در واقع چکیده ای از آنچه که در حال حاضر مسئولیتش را دارم هست. دو

مدرک لیسانس

دارم یکی مهندسی کامپیوتر نرم افزار و دیگری مدیریت بازرگانی و فوق لیسانس مهندسی کامپیوتر نرم افزار و دکترا در

زمینه مهندسی کامپیوتر هوش مصنوعی دارم و از دانشگاه تهران فارغ التحصیل شدم. از بچگی به درس خواندن علاقه داشتم و همیشه هم شاگرد اول بودم، در واقع برای من و خانواده ام هم خیلی اهمیت داشت و واقعا هم باید بگویم که **بزرگ ترین مشوق من همیشه پدر و مادرم بودند، بخصوص**

آدم باید به اون کار یا رشته ای که فعالیت و تحصیل میکند علاقه داشته باشد چون این قضیه باعث میشود که در کارش موفق تر باشد و خلاقیت به خرج بدهد و بهتر جلو برود.

پدرم که متأسفانه به تازگی فوت شده اند. خواهر و برادر نداشتم و در نتیجه همیشه تمام تمرکز خانواده روی من بوده و همیشه تلاشم را کرده ام که هر چیزی که واقعا نسبت به آن هر تعهدی دارم یا هر انتظاری که دارند را انجام بدهم. شاید برایتان جالب باشد که **من قرار بود در ابتدا پزشک بشوم!** چون در حقیقت پدر من همیشه علاقه داشتند که بنده پزشک بشوم، بخاطر همین در دبیرستان علوم تجربی خواندم و دیپلم تجربی گرفتم ولی چون خیلی ترس از پزشکی و آمپول و امثالهم داشتم، علاقه ای نداشتم و با وجود اینکه پزشکی قم قبول شدم ولی به پدرم گفتم اگه ممکن است ادامه ندهم و ایشان هم قبول کردند و مسیر من

به سمت مهندسی تغییر کرد و **به خودم قول دادم که تا آخر این مسیر و با تمام توانم حرکت کنم.** این اتفاق واقعا سخت بود چون رشته عوض میشود و درس ها تغییر میکنند ولی باتوجه به اینکه دانش آموز زرنگی بودم و مدرسه خوبی هم میرفتم از

پس این مشکل بر آمدم و **نکته ای که به نظر من در تغییر رشته میباشد، این هست که اگر هرکسی به دنبال علایق خودش برود بسیار میتواند موفق بشود** تا اینکه بخاطر مد یا به اجبار یا شرایط کاری و اجتماعی مجبور به تحصیل در رشته یا فعالیتی بشود که در مسیر زندگی نبوده و نمی تواند در آن زمینه پیشرفت بکند، آدم باید به آن کار یا رشته ای که فعالیت و تحصیل میکند علاقه داشته باشد چون این قضیه باعث میشود که در کارش موفق تر باشد و خلاقیت به خرج بدهد و بهتر جلو برود.

شاید برایتان جالب باشد که بلافاصله بعد از لیسانس و حدوداً از سال ۱۳۷۵ شروع به تدریس در دانشگاه کردم و اولش در دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب بودم؛ چون یکی از استادهایی که من با ایشان کار تحقیقاتی میکردم، یادشان بخیر آقای دکتر شیدفر بودند که احتمالاً شما کتاب ریاضی مهندسی ایشان را مطالعه کردید، استاد بنده بودند و من خیلی ایشان را

دوست داشتم، واقعا خیلی به من کمک کردند و چیزهای بسیاری ازشان یاد گرفتم و چون دانشجویشان بودم و از من شناخت داشتند و خودشان هم در دانشگاه آزاد واحد جنوب مسئولیت داشتند من را معرفی کردند و آزمونی گرفته شد و آن موقع چون تعداد افرادی که فوق لیسانس میگرفتند بسیار کم بود و مثل الان فراوان نبود، پذیرش امکان پذیر بود و من توانستم بعد از لیسانس شروع به کار کنم.

حدود شش هفت سال در آنجا تدریس کردم و بعد از آن برای تدریس به دانشگاه علم و صنعت آمدم که هم در دانشکده ریاضی و هم در دانشکده کامپیوتر درس مختلف (برنامه نویسی و ساختمان داده و...) را درس میدادم، بعد از آن حدود ۴ یا ۵ سال در دانشگاه تهران در دانشکده فنی تدریس کردم (دروس کامپیوتر) و البته همچنان هم با دانشگاه تهران همکاری دارم.

بعد از دانشگاه تهران چندین سال در دانشگاه الزهرا و علم فرهنگ (که همچنان ادامه دارد) تدریس کردم.

● چه چیزی در تدریس شما را به این کار علاقه مند کرد؟ و چه تجربیاتی از این سالهای تدریس دارید.

من همچنان تدریس را ادامه میدهم چون به نظرم بهترین قسمت تدریس این هست که با دانشجویان جوان و با انگیزه ارتباط دارید و هم اینکه باعث میشود تجربیاتتان در اختیار جوانان بگذارید به خاطر همین من سعی میکنم هر چقدر هم که مشغله داشته باشم حداقل در هر ترم یک درس را داشته باشم.

در واقع تدریس در دانشگاه های مختلف خیلی تجربه جالبی برای من بوده چون میتوانم همه را باهم مقایسه کنم که از نظر سیستم آموزشی به چه شکلی بوده و هم اینکه ارتباط دانشجویان با یکدیگر و با اساتید به چه صورت هست. از نظر من یکی از عوامل پیشرفت و اثر بخشی دروس روی دانشجویان آن ارتباطی هست که میتوانند با یکدیگر

ارتباط بین دانشجویان و اساتید در خیلی از دانشگاه های ما بسیار ضعیف هست!

و با اساتید داشته باشند و این ارتباط بین دانشجو و استاد در خیلی از دانشگاه های ما بسیار ضعیف هست! چون در تعداد بالایی از دانشگاه ها هم درس خوانده ام و هم درس داده ام، شاید در یکی یا دو تا از این دانشگاه ها این ارتباط برقرار شده بود و بچه ها چه از نظر پروژه و چه از نظر تمارین و در واقع هر چه که دارند، به خوبی دانش خود را با یکدیگر به اشتراک میگذاشتند ولی در اکثر دانشگاه های ما

متأسفانه نوعی حس رقابت وجود دارد که این ارتباط را به شدت کم میکند، مثلاً دانشگاه تهران به شدت جو خوبی دارد و شما در فارغ التحصیلان دانشگاه ها میتوانید نتیجه اش را در محیط کاری ببینید مثلاً فردی را میبینید که اهل کار تیمی و به اشتراک گذاشتن دانش خودش هست و برعکس داریم دانشگاه هایی که با وجود سطح

بالای علمی ولی فارغ التحصیلانشان در محیط کار همیشه مشکل دارند چون فرد تک روی میکند و کار تیمی نمیکند و دانش خودش را به اشتراک نمیگذارد و نه خودش پیشرفت میکند و نه باعث پیشرفت آن سازمان یا محیطی که در آن فعالیت میکند میشود و این موضوع بسیار اهمیت دارد. خود ارتباط دانشجو با دانشجو هم واقعا اهمیت دارد، بنده همچین جوی را در دانشگاه تهران و دانشگاه غیر انتفاعی علم و فرهنگ دیده ام و دانشجویان خیلی خوبی دارند چون به یکدیگر در پروژه ها و یا تمارینشان

خیلی کمک میکنند و این بشدت در پیشرفت آن چند نفری که با هم کار مشترک میکنند تاثیرگذار هست، در واقع شخص هر چه را بلد هست با اخلاص ارایه کرده و بقیه هم آن را یاد میگیرند و هرکدام از همدیگر چیزهای جدیدی یاد میگیرند و این کار جمعی باعث میشود هم از نظر تعاملات جمعی و هم از نظر تعاملات علمی پیشرفت بکنند و

این باعث تاثیر بر روی محیط و حتی اساتید میشود چرا که بالاخره استاد وقتی که حرکت جمعی دانشجویان را میبیند احساس میکند که باید خودش را تطبیق دهد و این تعامل چند جانبه بسیار در پیشرفت و در ارتقاء سطح آن محیط؛ که میتواند محیط کار یا دانشگاه و یا محیط تحقیقاتی باشد موثر هست.

● شما در حال حاضر عضو ارشد IEEE و رئیس کمیته زنان در مهندسی بخش ایران IEEE هستید، اگر ممکن هست در رابطه با فعالیت های این سازمان و این کمیته در ایران توضیحاتی بدهید.

باید از پتانسیل پنجاه درصد دیگر اجتماع، که خانم ها هستند استفاده کنیم!

WIE کمیته ای از IEEE می باشد و مخفف Women in Engineering به معنی « زنان در مهندسی» است و این کمیته فقط مربوط به ایران نیست، در واقع زیر مجموعه ای از IEEE که بزرگترین مجمع الکترونیکی دنیا و بزرگترین انجمن علمی جهان هست، فعالیت میکند. جالب است که بدانید مخاطبین IEEE فقط دانشجویان و دانشگاهی ها نیستند و از حوزه های صنعت و یا از کارآفرینی نیز عضو هستند و یا خیلی از شرکت ها مشکلات صنعتیشان را به اشتراک میگذارند و از جامعه علمی کمک میگیرند و همچنین فقط مختص به رشته مهندسی برق هم نیست و آگه سری به سایت IEEE بزنید طیف وسیعی از رشته های مهندسی را پوشش میدهند زیرا خیلی از رشته ها در حال حاضر میان رشته ای هستند برای مثل بیوتکنولوژی علاوه بر علم بیولوژی به تکنولوژی هم ربط دارد یا مکترونیک ترکیبی از رشته های مکانیک و کامپیوتر و الکترونیک است و یا مثلا مهندسی پزشکی و کامپیوتر و فناوری اطلاعات همه و همه در واقع از کمیته های این سازمان هستند. دلیل تشکیل کمیته WIE، که نخستین بار در آمریکا بوجود آمد، این بود که گرایش بانوان به رشته های مهندسی کم بود و برعکس ایران بر اساس اطلاعاتی که ما از نقاط مختلف جهان بدست می آوریم نشان میدهد که کماکان در اروپا و آمریکا تعداد زنانی که به رشته های مهندسی میپیوندند کم هست ولی خوشبختانه ما در ایران برعکس این قضیه را داریم و تعداد دانشجویان خانم ما در رشته های مهندسی به نسبت زیاد می باشد. هدف اصلی تشکیل این کمیته، برای تشویق و انگیزه دهی به بانوان بوده که در رشته های علوم مهندسی حرکت کنند چون بانوان در طول تاریخ بیشتر به سمت علوم تربیتی و علوم پایه رفته اند. هم اکنون بیشترین تلاش این کمیته این هست که بتواند توانمند سازی در حیطه رشته های مهندسی را در خانم ها بیشتر کند تا درگیر کار های فنی مهندسی بشوند و در رشته های مهندسی اثرگذاری بیشتری داشته باشند بخصوص در وضعیت کنونی که جهان درگیر ویروس کرونا هست، جالب است بدانید طبق بررسی که در ITU انجام شده (چون در آنجا هم یک کمیته مختص امور زنان وجود دارد) فهمیدند که بسیاری از مشاغل دچار تغییرات زیادی شده اند و خیلی از مشاغل دور کار شده اند، مثل مجتمع ما که به صورت شیفتی کار میکنیم، در خارج از کشور هم خیلی از کشورها به صورت کامل دور کار هستند به شکلی که تمامی وسایلشان را به خانه بردند و در منزل کار

میکنند و از صبح مثل محیط کار پشت سیستم مینشینند و مشغول به کار میشوند. در همچنین وضعیتی طبق بررسی هایی که ITU انجام داده به این نتیجه رسیدند که متأسفانه خانم ها سواد دیجیتال کمتری نسبت به آقایون دارند و به همین دلیل در صدد این قرار گرفتیم که برای خانم ها توانمند سازی انجام بدهیم تا این شکاف جنسیتی را کمتر بکنیم زیرا مشاغل در حال تغییرند و از طرفی باید از پتانسیل پنجاه درصد دیگر اجتماع که خانم ها تشکیل میدهند هم استفاده کنیم، شاید این دور کار بودن بتواند زمینه را برای خانم هایی که میخواهند در منزل بمانند یا به علل متفاوت مثل خانه داری، مراقبت یا بخاطر ویژگی های فرهنگی که شوهرشان اجازه کار در خارج از منزل را نمیدهند فراهم کرده و فرصت خوبی برای کمتر شدن این شکاف جنسیتی باشد.

● برای کاهش شکاف جنسیتی در ایران یا اقصی نقاط دنیا چه فعالیت هایی در حال انجام هست؟

مهم ترین فعالیت برای انجام هر کاری آموزش هست، شما در هر جا که قصد دارید پیشرفت کنید باید یک دوره ببینید منتهی این دوره فقط آموزش آکادمیک و دانشگاهی نیست، همانطور که شما به عنوان یک جوان وارد اجتماع میشوید و فعالیت هایی را شکل میدهید، باید بدانید مهارت آموزی در حال حاضر بیشترین اهمیت را دارد یعنی اگر کسی در مهارت خاصی حرفه ای بشود حتما برای آن شخص کار وجود دارد و حتما نیاز نیست تحصیلات دانشگاهی داشته باشد. برای مثال در زندگی روزانه

افرادی مثل برق کارها یا لوله کش ها و یا تعمیرات موبایل و مکانیک ها و ... همیشه کار برایشان هست و شاید خیلی از این افراد تحصیلات دانشگاهی نداشته باشند ولی مهارت آن کار را بلدند و در حال حاضر اولین چیزی که خیلی اهمیت دارد این هست که یک فرد خودش را در یک مهارت خاص تقویت کند. در درجه اول با توجه به ویژگی های شخصیتی و علایقمان باید خودمان را تقویت کنیم و پس از آن با آموزش و تمرین در آن مهارت خاص زبده بشویم که این موضوع در همه زمینه ها از جمله تحصیلات دانشگاهی صادق هست.

● یعنی از نظر شما تحصیلات دانشگاهی تا چه اندازه میتواند در رسیدن یک شخص به موفقیت تاثیرگذار باشد؟

تاثیری که تحصیلات دانشگاهی روی فرد میگذارد این است که توقعات و سطح دانش خودش را بالا میبرد!

بگذارید به این صورت توضیح بدهم؛ در سطوح یادگیری فردی به نام بلوم هست که مدل شناختی بلوم را دارد و شرح میدهد که یادگیری سطوح مختلفی دارد یعنی فرد ابتدا باید درک کند، بعد به خاطر بسپارد و ...

تحصیلات دانشگاهی این سطوح را بالا میبرد، بنابراین حتی خیلی از افرادی که در یک مهارت زبده میشوند و در ابتدا خیلی برایشان تحصیلات دانشگاهی اهمیتی ندارد بعد از چند سال که در آن کار جلو میروند و درگیر



تاثیری که تحصیلات دانشگاهی روی فرد میگذارد این است که توقعات و سطح دانش خودش را بالا میبرد!

میشوند، تازه یک سری از کمبود ها را احساس میکنند و درواقع پس از آن به سمت تحصیلات دانشگاهی میروند، به عنوان مثال انجمن زنان کار آفرین، داستان ها و زندگی های خیلی جالبی دارند، یک سری کارخانه یکی شرکت و یکی کسب و کاری دارد که هرکدام از اینها داستان های جالبی دارند، ما یک برنامه ای در کمیته WIE گذاشته بودیم و چند نفر از این افراد را دعوت کردیم که بسیار جالب بود :

یکی از این خانوم ها سبک زندگی وگویش خیلی جالبی داشتند و در واقع جاهل مسلک بودند، تعریف میکردند و میگفتند: خانه ما سوسک خیلی داشت و من چند ماده مختلف را به صورت تجربی مخلوط میکردم و این ماده حشرات را از بین میبرد و تاثیر گذار بود و حتی

برای اطرافیان تولید میکردم، بعد یک نفر به من پیشنهاد کرد: چرا خودت این ماده رو به نام خودت ثبت نمیکنی و به تولید انبوه نمیرسونی؟ (با مدرک دیپلم و با چند فرزند و خانواده ای بسیار معمولی به طوری که هزینه رفتن به سازمان ها و... رو نداشتیم) ولی بالاخره ثبت کردم و من از پاسیو خانه شروع به تولید کردم و در این راه خیلی تلاش کردم و خودم محصولاتم رو میفروختم و اینقدر کارم رو گسترش دادم که شرکت و کارخانه زدم و به جایی رسیدم که به شدت پیشرفت کردم و این نیاز را در خودم دیدم که باید به دانشگاه برم و بعد از تمام این سال ها شروع به درس خواندن کردم و هم اکنون هم در حال اخذ مدرک دکترا هستم؛ از همه جالب تر اینکه در مقطعی از زندگی که تازه داشتن طعم موفقیت رو تجربه میکردن ورشکست شدن و به نحوی با یکی از نزدیک ترین افراد زندگیشون به اختلاف خورده بودن به شکلی که میگفتن: اون فرد من رو به نقطه صفر اولیه رساند و من دوباره از پاسیو خونه شروع کردم و الان روی پای خودم هستم و عنوان میگردن که من از نزدیک ترین شخص زندگیم ضربه خوردم ولی باعث نشد جلوی موفقیت من را بگیره و من از حرکت بایستم.

یا یکی دیگر از خانم ها که در حال حاضر یک شرکت ISP دارند تعریف میکردند: من از یک call center شروع کردم و اوایل که اینترنت راه افتاده بود از این کارت های تماس با خارج از کشور میفروختم و بعد کم کم به این فکر رفتم که خودم یک همچنین شرکتی بزنم و میگفتن بزرگ ترین مشوق من مخالفت های همسرم بود! هر بار که فردی با من مخالفت میکرد من مصمم تر میشدم و میگفتم حتما موفق میشم و در کل صحبت با چنین آدم هایی خیلی چیزها به آدم یاد میده و همه چیز درس دانشگاه نیست و تجربه زندگی خیلی آموزنده تر و غنی تر نسبت به دروس دانشگاه هست!

● نظر شما نسبت به مهاجرت دانشجویان در شرایط فعلی چیست؟

متأسفانه امروزه مهاجرت دانشجویان به شدت زیاد شده زیرا بزرگترین نیرو و ارزشمندترین سرمایه برای یک کشور نیروی متخصص و نیروی با استعداد هست که ما داریم به صورت وحشتناکی از دست میدهیم. این قضیه به نظر من یکی از آن چیزهایی هست که اصلا جبران پذیر نیست چون بچه های با استعدادمان را از دست میدهیم و در آن کشورها به عنوان

نیروی با انگیزه و خوش فکر زمینه های کاری بسیار مساعدی برایشان فراهم میشود و ماندگار میشوند و چون صرفاً به هدف درس خواندن نمیروند که برگردند و اینجا باری را از شانه های کشور بردارند، بسیار ضرر دارد. این اتفاق دلایل متعددی از جمله عدم اطمینان پذیری نسبت به زندگی در آینده و یا مشکلات اجتماعی و اقتصادی و ... دارد که همه قابل درک هستند ولی اگر کسی واقعا نسبت به کشور و خانواده و مردم خودش عرق داشته باشد، میتواند راه حلی برای پیشرفت و ساختن و توسعه ی کشورش پیدا کند.

البته همه جای دنیا مشکلات خاص خودش را دارد و به این شکل نیست که هر فردی پذیرش گرفت برای کشور های اروپا یا آمریکا یا کانادا این مشکلات را ندارد بلکه آنجا هم مشکلات خاصی دارد و من خودم برای مدرک دکترا به آمریکا رفتم و ماندم و برگشتم و اگر این صحبت

را میکنم چون تجربه کشور های دیگر را دارم، اتفاقاً ما در کشور خودمان مشکلات خیلی کمتری داریم چون ما در اینجا از نظر بعد عاطفی خیلی غنی هستیم و کمتر اتفاق می افتد که فردی با خانواده ارتباط خوبی نداشته باشد و از این نظر اینجا یک نکته مثبت هست ولی در کشور های خارج این بعد بسیار ضعیف است، درسته که در کودکی خیلی خوب فرزند را حمایت میکنند ولی به سن ۱۶ یا ۱۷ سالگی که میرسند از خانواده دور میشوند و زندگی شخصیشان را ادامه میدهند و متأسفانه آن تعامل خانوادگی که ما داریم را ندارند و بنابراین برای ما که اینگونه بزرگ شده ایم باعث آزار و اذیتمان میشود ولی از نظر شرایط اقتصادی ممکن هست آنجا زمینه بهتری فراهم شود، برای مثال کسی که اینجا تحصیل میکند باید برای خرج خوابگاه و تحصیل در کنار درس خواندن کار هم بکند و کشور ما نمیتواند و توان اقتصادی حمایت کردن را ندارد ولی در خارج از کشور استاد ها از صنعت خیلی امتیاز و کمک میگیرند و به دانشجو ها به عنوان حقوق میدهند و امکانات اولیه مثل خوابگاه در اختیارشان میگذارند و دغدغه کار و خونه و ... را ندارند اما در کنار تمام این ها به نظر من عرق به کشور خیلی مهم هست و کسی که تعهد دارد به کشورش با خودش میگوید «من باید بتوانم به جایی که بدنیا آمده ام کمک کنم و به هر جایی که رسیدم یک بذر در کشور خودم بکارم و آن را پرورش بدهم» و در عین حال که ممکن هست خیلی شرایط

«من باید بتوانم به جایی که به دنیا آمده ام کمک کنم و به هر جایی که رسیدم یک بذر در کشور خودم بکارم و آن را پرورش بدهم»

دشواری داشته باشد، از نظر من خدمت به مردم و اینکه انسان به ریشه خودش برگردد خیلی مهم هست ولی خب این نظر شخصی من هست.

به دانشجو هایی که با من مشورت میکنند میگویم فکر نکنید که خارج بهشت برین هست بلکه آنجا هم مشکلات خاص خودش را دارد، همان دوری و فراق از همه سخت تر هست به عنوان مثال یکی از دانشجو های خودم در دانشگاه تهران درس میخواند مدتی به خارج رفت و در آنجا هم بسیار موفق بود بعد از شش ماه که برگشته بود میگفت دم حتی برای سطل آشغال داخل

اتاق خوابگاه هم تنگ شده بود و به یکی از بچه ها گفته بودم از اون سطل آشغال و خیابان های دانشگاه فیلم بگیرد و برایم بفرستد و من روزی صد بار اون فیلم ها را میدیدم و حتی دم برای پاکبان محلمان تنگ شده بود!!! البته اینها به عنوان شوخی مطرح میشوند اما ببینید ما یک همچین وابستگی هایی داریم که آن طرف اصلاً معنی

دار نیست، در واقع اگر فرد خیلی وابستگی عاطفی و خانوادگی نداشته باشه آنطرف میتواند موفق بشود ولی به فردی که وابستگی های عاطفی، اجتماعی و شخصیتی داشته باشد خیلی سخت میگذرد و باید به این مسایل فکر بکند. مورد بعدی محیط های کاری آنجا واقعا سخت هست و اصلاً مثل اینجا همه چیز آرام و منعطف نیست و واقعا اگر از ۸ صبح تا ۸ شب کار بکنید نیم ساعت وقت دارید نهار بخورید آن هم ایستاده، به عنوان مثال دوست بنده که دکتر داروساز هستند، در خارج داخل یک داروخانه به سختی قبول شدند (با اینکه در دانشگاه شهید بهشتی شاگرد اول بودند) با این حال سه چهار سال امتحان دادند تا قبول کنند که ایشان دکتر هستند و تعریف میکردند در داروخانه از هشت صبح تا هشت شب فقط نیم ساعت میتوانم بشینم آن هم موقع نهار و به همین علت بیماری هایی مثل واریس برایم پیش آمده، یعنی کار کردن آن طرف اصلاً شوخی نیست. بعضی افراد اینجا حاضر نیستند که بروند تا سر کوجه نان بگیرند ولی آنجا حاضرند در مک دونالد ظرف بشورند و این واقعا یک تناقض عجیب هست! به نوعی افراد به یک ربات تبدیل میشوند که از صبح تا شب میدوند و هیچ چیز از زندگی نمیفهمند و در کل سال حدود یک یا دو ماه میتوانند مرخصی بگیرند یا به مسافرت تفریحی بروند.

● **خب باید موقعیتی فراهم بشود که دانشجو ها انگیزه بگیرند و آینده خوبی برای خودشان ببینند که همانند یا برگردند، اما از نظر شما و به عنوان یکی از افراد فعال رشته مهندسی برق و کامپیوتر، در ایران به چه شکل میشود این بستر را فراهم کرد؟**

از نظر من دیدن جهان خیلی خوب هست بخاطر اینکه آدم تجربه پیدا میکند که فرهنگ مردم جهان چیست؟ برخوردشان به چه صورته؟ و در هر موقعیتی چه کاری انجام میدهند؟ و واقعا وقتی با کسی که جاهای مختلف را میبیند صحبت میکنید، با یک آدمی که هیچ جایی را ندیده است خیلی تفاوت میکند چون دید خیلی وسیعی پیدا میکنید، بنابراین من همیشه توصیه میکنم که افراد اتفاقاً برای کنفرانس ها به دانشگاه ها بروند و کشورهای مختلف را ببینند، چه داخل ایران چه خارج از ایران، یعنی جاهای متفاوت را تجربه کنند چون به آدم چیز های زیادی یاد میدهد. حالا من در خصوص این موضوع نیز یک مسئله ای را خدمتتون بگویم، یک استادی ما داشتیم در دانشگاه به نام آقای دکتر لوکس که خدا رحمتشان کند :

ایشان در واقع یکی از برجسته ترین دانشمندان ایرانی بودند که خودشان سالها خارج از ایران درس خوانده بودند و از برکلی فارغ التحصیل شده بودند، بسیار آدم خوب و نازنین و متواضع و یکی از دوست داشتنی ترین و برجسته ترین اساتید بودند که من افتخار این را داشتم که شاگرد ایشان باشم. ایشان بعد از اینهمه سال که کشور های مختلف کار کردند و درس خواندند و در همه جا موقعیت عالی برایشان بود، برگشتند ایران و استاد دانشگاه تهران شدند، سال ها اینجا تدریس کردند ولی همیشه در تمام کنفرانس های بین المللی و تمام مجامع بین المللی شرکت میکردند و یک ویژگی خاصی که داشتند، هر دفعه که برمیگشتند همه ی دانشجو هایشان را صدا میکردند و تجربه سفرشان را برای ما تعریف میکردند و این موضوع واقعا عالی بود، چون هر چیزی که آنجا دیده بودند را میخواستند با ما به اشتراک بگذارند تا بچه ها هم یاد بگیرند. ایشان یک شاگردی داشتند، آقای دکتر نجار اعرابی، که الان از اساتید دانشگاه تهران هستند و با دکتر لوکس فوق

لیسانسشان را گرفته بودند و برای دکترا رفته بودند خارج، خود دکتر نجار اعرابی برای ما تعریف میکردند که: من وقتی که دکترایم را گرفتم از آنجا زنگ زدم به دکتر لوکس و به ایشان گفتم؛ استاد به نظر شما من برگردم یا همینجا بمانم، دکتر لوکس گفتند تو خودت باید تصمیم بگیری ولی اینطوری نباشد که اگر برگشتی منی بر سر کسی بگذاری مثلا به خانواده ات بگویی من بخاطر شما برگشتم، یعنی خودت تصمیم بگیر که کجا میخواهی بمانی و بدون منت تمام تعهد و مسئولیتش را خودت به دوش بکش که بعدا پشیمان نشوی! حالا در این مورد که آدم برود یا بماند من همین نظر را دارم چون اگر خودت تصمیم بگیری بعدا پای آن کاری که کردی می ایستی. من خودم همینطور بودم، بعد

از فوق لیسانس برای یک کنفرانس مقاله ام پذیرفته شد و رفتم آمریکا، خیلی هم زمینه مساعدی فراهم بود چون از نظر دانشجویی بسیار موفق بودم و کارم هم جالب بود و آنجا هم خیلی از استادها پیشنهاد کردند بیا و در آزمایشگاه ما بمان، چون زبانم هم خوب بود، آهان این نکته را بگویم که یاد گرفتن زبان انگلیسی از نان شب واجب تر است!

تر است! این را حتما به دوستانتان بگویند، به نظر من اگر هر کسی داخل زندگیش دو زبان خارجی یا حداقل یکی هم به خوبی بلد باشد اصلا نیاز به هیچ چیز دیگری ندارد و ثانیه ای میتواند درآمد داشته باشد، خلاصه اینکه خیلی اصرار کردند که بمان، منتهی چون من به خانوادهم خیلی وابستگی عاطفی زیادی داشتم و تنها فرزندشان هم بودم و اصلا نمیتوانستم دور باشم، گفتم من میروم ایران و فکر هایم را میکنم و بعد تصمیم میگیرم. برگشتم و ماندگار شدم، اینجا برام قطعا شرایط سخت تر بود چون آنجا گرفتن دکترا بلافاصله برای من خیلی راحت تر بود ولی اینجا بعد از چند سال توانستم دکترا بخوانم، چون در کنار تحصیل کار کردم و بعد از چند سال ادامه دادم و خوب هم بود چون آدم در آن میانه ها تجربه بدست میآورد و با اینکه آن زمان مدام به خودم میگفتم: اگه آنجا بودم الان دکترایم را تمام کرده بودم ولی اینجا هنوز سال اول یا دوم دکترایم هستم، ولی باز هم الان فکر میکنم چه کار خوبی کردم، چون خانواده ام ارزششان بیشتر بود تا من بخوام همیشه ناراحت باشم که این فرصت را داشتم که مدت بیشتری در کنار

آن ها باشم، به خود فرد این مسئله خیلی بستگی دارد و باید ببینید که ارزش های هرکسی چه چیزهایی هست.

● برای آینده کاری و تدریس در زمینه هایی که در حال حاضر فعالیت میکنید چه برنامه هایی دارید؟ و اهدافتان برای ادامه ی حضورتان در این رشته چیست؟

سوال خیلی خوبی پرسیدید، بنده معتقد هستم هر کسی باید برای خودش یک سری هدف گذاری داشته باشد یک سری از اهداف کوتاه مدت هستند و یک سری بلند مدت. به عنوان مثال در زمانی که کودک بودم همیشه علاقه داشتم که نویسنده بشوم! بعد از اولین کتابی که زیر نظر دکتر شیدفر نوشتم، که البته با خودشان تجربه نوشتن سه کتاب را دارم، با خودم گفتم خدا را شکر که من توانستم به یکی از اهداف و آرزوهای کودکیم دست پیدا کنم. بعضی از اهداف به این صورت هستند، یعنی بنده بعد از بیست سال توانستم به این هدف برسم و یکی از هدف گذاری بلند مدت من به سر انجام رسید یا به عنوان مثال دیگری در رشته تحصیلیم (هوش مصنوعی) شاخه های زیادی وجود دارد ولی شاخه مورد علاقه من تعامل بین انسان با کامپیوتر و اپلیکیشن ها هست که به اصطلاح میگوئیم تعامل انسان با رایانه یا HCI که به صورت دقیق تر بخواهم توضیح بدهم، من داخل حوزه تولید و شخصی سازی محتوا برای مقاصد پزشکی یا آموزشی فعالیت دارم، خیلی مهم هست که بتوانیم محتوایی را

یاد گرفتن زبان انگلیسی از نان شب واجب تر است!

● برای هر فرد با توجه به ویژگی های شخصیتی آن فرد و پیش زمینه ذهنی و معلومات قبلی که دارا هست تولید کنیم. به عنوان مثال شما داخل کلاس های مجازی، یک پاورپوینت و یک اسلاید را برای تمامی افراد ارائه می کنید در حالی که افراد از نظر سبک یادگیری یک شکل نیستند، یک فرد با دیدن، شیوه یادگیری بهتری دارد و دیگری باید بشنود، بعضی از افراد بیشتر جزئیات را نیاز دارند، بعضی دیگه کلیات را نیاز دارند. سبک یاد گیری افراد متفاوت هست ولی در تولید محتوا به این مسئله دقت نمیشود یا سامانه های ما آنقدر هوشمند نیستند که توانایی عمل به این شکل را داشته باشند، به همین دلیل خیلی مهم هست که ما بتوانیم در این حوزه ها پیشرفت های بیشتری داشته باشیم و من هم علاقه مند به این حوزه هستم و هدف گذاری بنده پیشرفت در این حوزه هست.

● همچنین قصد دارم فعالیت هایم را در سطح بین المللی گسترش بدهم به این دلیل که یکی دیگر از مشکلاتی که ما در حوزه بین الملل داریم، علی الخصوص با توجه به توانمندی های خوبی که در ایران وجود دارد، خیلی آشنایی لازم وجود ندارد مخصوصا در مورد خانم ها و این یک ضعف بسیار بزرگ هست، به حدی که در حوزه بین الملل متأسفانه گاهی فکر میکنند خانم های ایرانی شتر سوارند و بی سوادند و اصلا هیچ کاری ازشان بر نمی آید و دید بسیار بدی نسبت به زنان کشور های در حال توسعه و یا کشورهای مثل کشور ما دارند، یکی از اهداف بزرگ من آشکار کردن توانایی های فراوان بانوان این مرز و بوم هست.



● آیا خاطره و یا تجربه ای هم از عدم شناخت جامعه جهانی نسبت به ایرانیان دارید؟

بله، خب ما برای نشست ITU که هر شش ماه یکبار (البته تا پیش از کرونا) در مقر این سازمان که سوئیس هست جمع میشدیم؛ خوشبختانه بنده زبان انگلیسی خوبی دارم و مانند یک بومی توانایی صحبت کردن را دارم و این واقعا خوب هست که بتوانید درست ارتباط برقرار کنید چون نظر طرف مقابلتان خیلی تغییر میکند، من وقتی که این گزارشات را داخل جلسات دادم، خیلی از حضار بعد از جلسه آمدند (بخصوص جلسات اول و دوم) و گفتند ما اصلا فکر نمیکردیم که در ایران خانم هایی با این سطح و درجه علمی باشند، گفتم اتفاقا ما در ایران آدم هایی داریم که بسیار از لحاظ سطح علمی و معلوماتی و زبان بالا هستند، متأسفانه این شناخت وجود ندارد و

ما باید بیشتر خودمان را به جهان معرفی کنیم، حتی در مورد دانشجو های مهاجر هم صدق میکند به این معنی که بزرگترین رسالت یک دانشجو این هست که باید فرهنگ و معلومات و آدم های برجسته را معرفی کند یعنی خودش را هم به گونه ای معرفی کند که به عنوان یک فرد ایرانی، بخصوص یک خانم ایرانی، دیگران متوجه بشوند که ما چه توانمندی

هایی داریم و این حداقل کاری هست که باید انجام بدهیم .

به عنوان مثال من یکی از کار های کوچکی که در یکی از این جلسات کردم؛ عید نوروز گذشته که در جلسه و دور از خانواده بودم از اینجا یک جعبه شیرینی یزدی با خودم بردم که بگویم روز اول عید ما است و من در این شرایط شرکت کردم، این جلسات هم خیلی رسمی هستند و هیچ حرف اضافی نمیتوانید بزنید و در تایمی که در اختیار دارید مثلا ۱۰ دقیقه باید تمام مواردی که نیاز است را بگویید نه بیشتر و نه کمتر، من اولش این را گفتم که امروز روز اول عید ما است و فقط کشور ما هم جشن میگیرد و تمام کشور هایی که نوروز را برگزار میکنند را اسم بردم و به همه آنها تبریک گفتم و آرزوی سلامتی صلح و آرامش و پیشرفت برای همه بخصوص برای مردم کشور خودم کردم و درخواست کردم در زمان استراحت بین جلسه، شیرینی را به همه

تعارف کنم و این یک چیزی است که همیشه داخل ذهن تمام آنها ماندگار میشود چرا که در درجه اول با خودشان میگویند این شخص در روز عیدشان آمده و نسبت به کارش تعهد داشته و بعد از آن با شیرینی و فرهنگ ما آشنایی پیدا میکنند. یعنی با یک کار خیلی کوچک میتوان فرهنگ سازی کرد و نیاز نیست یک کار خیلی بزرگ انجام دهیم ولی خب تک تکمان باید نسبت به این مسأله آگاه باشیم و بدانیم کجا، چه کاری را انجام دهیم و چطوری وجهه ملی مان را بالا ببریم و این مهم است!

● و اینکه شما قطعاً از زمانی که در این مسیر وارد شدید با موانع خیلی زیادی روبه رو شده اید؛ لطفاً به تمام افرادی که قرار است صحبت های شما را بخوانند، پیشنهادی کنید که چگونه در این راه نا امید نشوند ...

ببینید من فکر میکنم که ما باید یک مقداری روی این مسأله رضایت شخصیمان کار کنیم، خیلی از این مشکلاتی که من در همکاران و دانشجو های خودم و یا داخل اجتماع میبینم به خاطر این است که فرد هیچوقت از خودش و چیزهایی که اطرافش وجود دارد راضی نیست. یعنی همیشه با یک دید منفی دارد در مورد هر چیزی قضاوت میکند و تصمیم میگیرد و هیچ نوع رضایت شخصی و قلبی ندارد برای اینکه سطح انتظارات خودش را کمی

پایین می آورد و برای موفقیت های کوچک خودش به خودش تریک نمیگوید، این خیلی مهم است که اگر ما حتی کار مفید کوچکی هم میکنیم یادمان مانده، نه اینکه فوری از ذهنمان پاکش کنیم و بدترین حالت ممکن که پیش آمده را بزرگش کنیم. مثلاً دائماً بگویم که من این کار را کردم اما آن شغل را نگرفتم یا اینهمه درس خواندم اما نمره ام این شد. به نظر من یکی از مشکلاتی که ما داریم این است که انعطاف پذیری کمی داریم و دیگری رضایت شخصیمان است که از هیچ کس و هیچ شخصی رضایت نداریم و روی این دو موضوع باید همگی کار کنیم یعنی واقعا افرادی که میخواهند انگیزه داشته باشند و پیشرفت بکنند باید کارهای خوب کوچک را هم ببینند و پرورش بدهند و فقط به افکار منفی و موانع راه فکر نکنند و بگویند که، من اگر با این مشکل مواجه شدم خیریتی در

بزرگترین رسالت یک دانشجو این هست که نماینده یک ایرانی باشد و همه جوهر فرهنگ و معلومات و آدم های برجسته را معرفی کند یعنی خودش را هم به گونه ای معرفی کند که به عنوان یک فرد ایرانی، بخصوص یک خانم ایرانی، دیگران متوجه بشوند که ما چه توانمندی هایی داریم و این حداقل کاری هست که باید انجام بدهیم .

آن بوده است و یا قرار است تجربه ای کسب کنم تا اگر یکبار دیگر در یک همچنین موقعیتی قرار گرفتم بدانم باید چکارکنم، اگر یک مقداری درجه خوشبینی را بالا ببریم و به آن نکات مثبت خودمان و اطرافیانمان توجه کنیم دیگر امیدمان را از دست نمیدهیم ولی اگر همیشه ذهنیت منفی داشته باشیم و دائماً بگوئیم ای وای اینطور شد یا فلان طور شد، این باعث میشود که هیچوقت رضایت اصلی را برای خودتان ایجاد نکنید.

راستش من هم خیلی اوقات نا امید شدم اما خودم را کشیدم کنار و از دید یک ناظر از بیرون به خودم نگاه کردم که بینم چگونه مشکل را حل کنم و در کل آدم باید انعطاف پذیر باشد و حالت تدافعی نداشته باشد.

● به عنوان سوال آخر به نظرتان مهم ترین عامل موفقیت شما طی این سال ها چه چیزی بوده؟

خیلی چیز ها هست ولی خب، بزرگترین عامل موفقیتم تشویق پدر و مادرم بوده است که همیشه و در همه شرایط پشتم بودند بخصوص پدرم!

اعتماد به نفسی که پدر دادند هیچ چیز دیگه ای این اعتماد به نفس را به من نداد، اعتمادی که بزرگ ترها به کوچکترها میکنند خیلی مهم است چون شما میخواهید یک راهی را انتخاب کنید و ممکن است اشتباه کنید ولی اگر بهت اعتماد بکنند و از دور هم مراقبت باشند، خیلی میتواند کمک کند یعنی شما احساس ضعف نمیکنید و همیشه نگران این نیستید که وای حالا پدرم چه می گوید و مادرم چه میگوید بنابراین خیلی میتواند موثر باشد و من واقعا بزرگترین عامل موفقیت همیشه گفت ولی اینکه به اینجا رسیدم این هست که پدر و مادرم همیشه بزرگترین مشوقم بودند.



PEAK

Magazine



● ضمن سپاس فراوان به جهت حضور جنابعالی در این مصاحبه، منتظر شنیدن صحبت پایانی شما هستیم!
فکر میکنم این یک جمله برای جوانانی که میخواهند پیشرفت کنند و جلو بروند مناسب باشد :

نسبت به مردم و کشور خودتان عرق داشته باشید و این عرق باعث میشود خیلی کارها انجام دهید و حتی خیلی کارها را انجام ندهید، خلاقیت داشته باشید و از مشکلات را از جامعه و کشور و مردم کم کنید و ما باید اول و آخر عرق و تعهد نسبت به مردم و کشور خودمان داشته باشیم.

در پایان هم من؛ روشنک مرادی، از شما سرکار خانم دکتر طایفه محمودی و خوانندگان محترم نشریه پیک بابت حضور و همراهیتان عمیقاً سپاسگزارم، امید است که بتوانیم با همراهی شما اساتید گرانقدر و دانشجویان پویا گامی مثبت برای پیشرفت هر چه بیشتر کشور عزیزمان برداریم.



جعبه ابزار

نشریه پیک

محمدرضا مرتضوی



در هر سری از نشریه پیک تصمیم داریم به معرفی یکی از ابزارهای کاربردی در مهندسی برق را در بخش "جعبه ابزار" بپردازیم.



در این شماره نیز به معرفی و بررسی چند مورد از پایرومترها (دماسنج ها) پرکاربرد خواهیم پرداخت.



Pyrometer

نشریه پیک

جعبه ابزار

مقدمه

با گسترش صنایع و به ویژه هوشمندسازی آنها، نیاز به ابزار دقیق در صنایع نظامی، پزشکی، صنایع حساس (صنعت نفت، صنعت هسته‌ای و...) افزایش یافته است. با توجه به اهمیت این موضوع، مطالب حاضر به منظور آشنایی دانشجویان مهندسی برق، مکانیک، مکترونیک، ابزار دقیق و فرآیند و همچنین مهندسان شاغل در صنایع نوشته شده است. کارآمدی این مباحث در علوم مختلف بسیار در حال افزایش است به عنوان مثال در بحران بیماری کرونا یکی از پرکاربردترین صنایع و علوم، علم ابزار دقیق می‌باشد از علم ابزار دقیق برای ساخت دستگاه‌های تب سنجی، دستگاه‌های کمک تنفسی، سیستم‌های تصویربرداری و... استفاده می‌شود. در ادامه به معرفی دستگاه تشخیص دما می‌پردازیم:

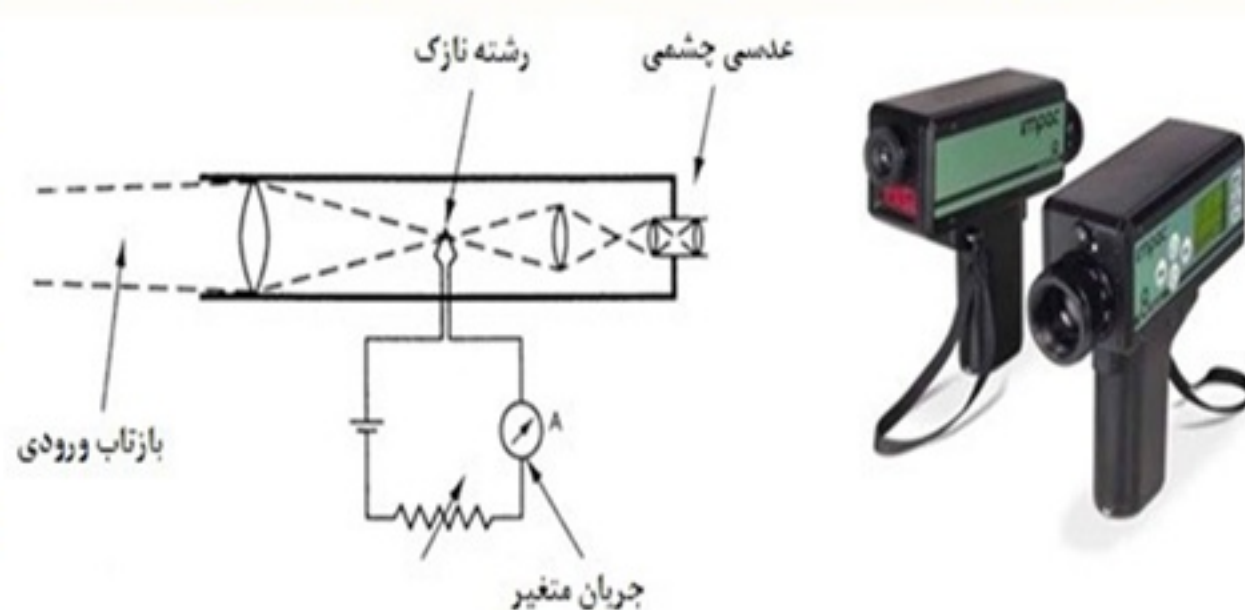
معرفی پایرومترهای پر کاربرد

پایرومترهای نوری چگونه کار می‌کند؟

ابزار شامل یک فیلامان تنگستنی گرم است که درون آن یک سیستم نوری قرار دارد. جریان فیلامان متناسب با رنگ جسم داغ افزایش می‌یابد. پس اندازه‌ی دما بر حسب جریان گذرنده از فیلامان بیان می‌شود. روشنایی مواد مختلف طبق انتشار مواد متغیر است. کالیبراسیون این دستگاه مطابق انتشار هدف آن تنظیم می‌شود. عدم دقت ذاتی این ابزار در حدود ۵ سانتی‌گراد است. هنگامی که فیلامان بر اثر شدت نور زیاد دیده نشود، عدم دقت می‌تواند تا ۱۰ سانتی‌گراد نیز برود. دقت اندازه‌گیری می‌تواند با به کارگیری یک فیلتر نوری که فرکانس‌های باند باریک حدود ۰,۶۵ میکرومتر نور قرمز مرئی را عبور می‌دهند، دقیق‌تر شود. بیشترین دمای حالت عادی ۱۰۰۰۰ و حالت فیلتری ۵۰۰۰ است.

پایرومترهای نوری

اگر پیک انتشار تابش در محدوده‌ی قرمز طیف نور مرئی باشد، از این ابزار استفاده می‌شود. این ابزار به اندازه‌گیری دما در حدود ۶۰۰ سانتی‌گراد محدود می‌شود.





معرفی پایرومترهای پر کاربرد

نشریه پیک

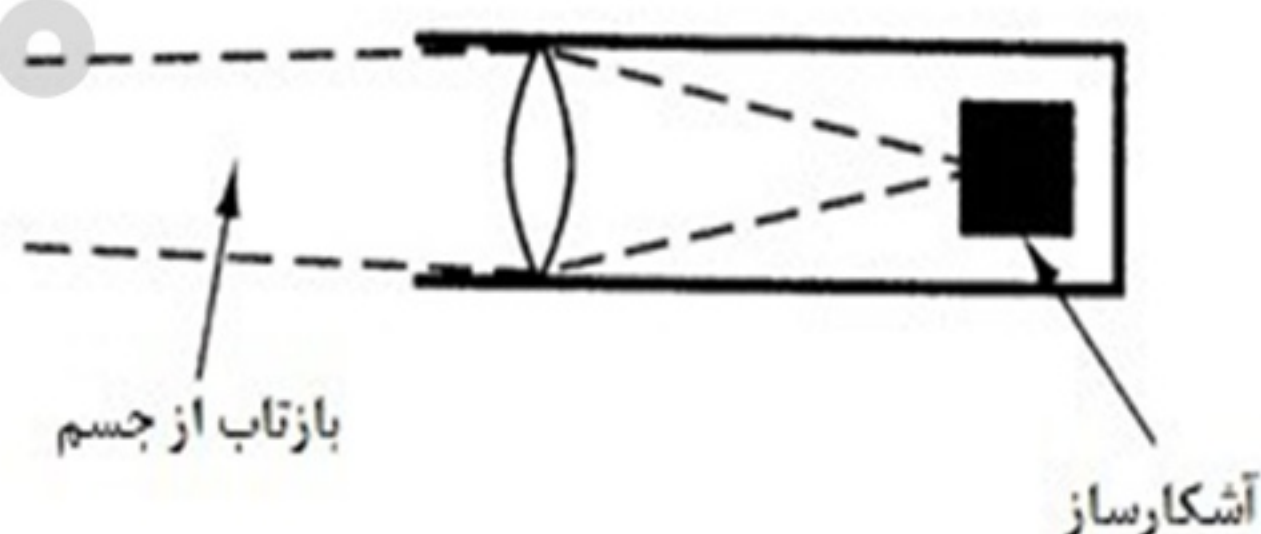
جعبه ابزار

Pyrometer

پایرومترهای تابشی

آشکارساز گرمایی در طیف فرکانسی به تمام طول موجها به مساوات پاسخ می‌دهد و ترموپیل / ترمومتر مقاومتی / ترمیستور را شامل می‌شود. آشکارساز فوتون به یک باند خاص پاسخ می‌دهد و در فوتوکانداکتیو و فوتوولتائیک استفاده می‌شود. فناوری فیبرنوری مکرر در اندازه‌گیری دماهای بالا استفاده می‌شود تا تابش‌های ورودی را جمع‌آوری و به آشکارساز انتقال دهد.

پایرومترهای تابشی به‌جای فیلامان و چشم نوری یک آشکارساز انرژی دارند و محدوده‌ی ۱۰۰- تا ۳۶۰۰ را می‌توانند اندازه بگیرد. آشکارساز تابش همچنین یک آشکارساز گرما یا آشکارساز فوتون است که دمای افزایش یافته ی جسم سیاه واقع در نقطه کانونی سیستم را اندازه می‌گیرد.



پایرومتر تابشی باند پهن گسسته

یک دستگاه مکانیکی دوار که به‌صورت متناوب با رسیدن به آشکارساز وقفه آن فعال می‌شود. خروجی در این حالت ای.سی است و می‌تواند برای راحتی در خواندن به‌صورت دی.سی دربیاید. نوع استاندارد این ابزار محدوده‌ی دمایی ۲۰ تا ۱۳۰۰ را اندازه می‌گیرند

پایرومترهای باند پهن غیر گسسته

عدم‌دقت در حدود ۰,۵ تا ۰,۵ در بهترین شرایط و ۰,۵ در ارزان‌ترین مدل دارند که کل طیف فرکانسی را اندازه گرفته و سپس از آشکارساز گرمایی استفاده می‌کند. این شامل یک دیسک پلاتینی سیاه یا ترموپیل می‌شود. ابزارهای استاندارد این دسته محدوده‌ی دمایی ۲۰ تا ۱۸۰۰ را اندازه می‌گیرند



معرفی پایرومترهای پرکاربرد

نشریه پیک

جعبه ابزار

Pyrometer

پایرومتر تابشی باند باریک

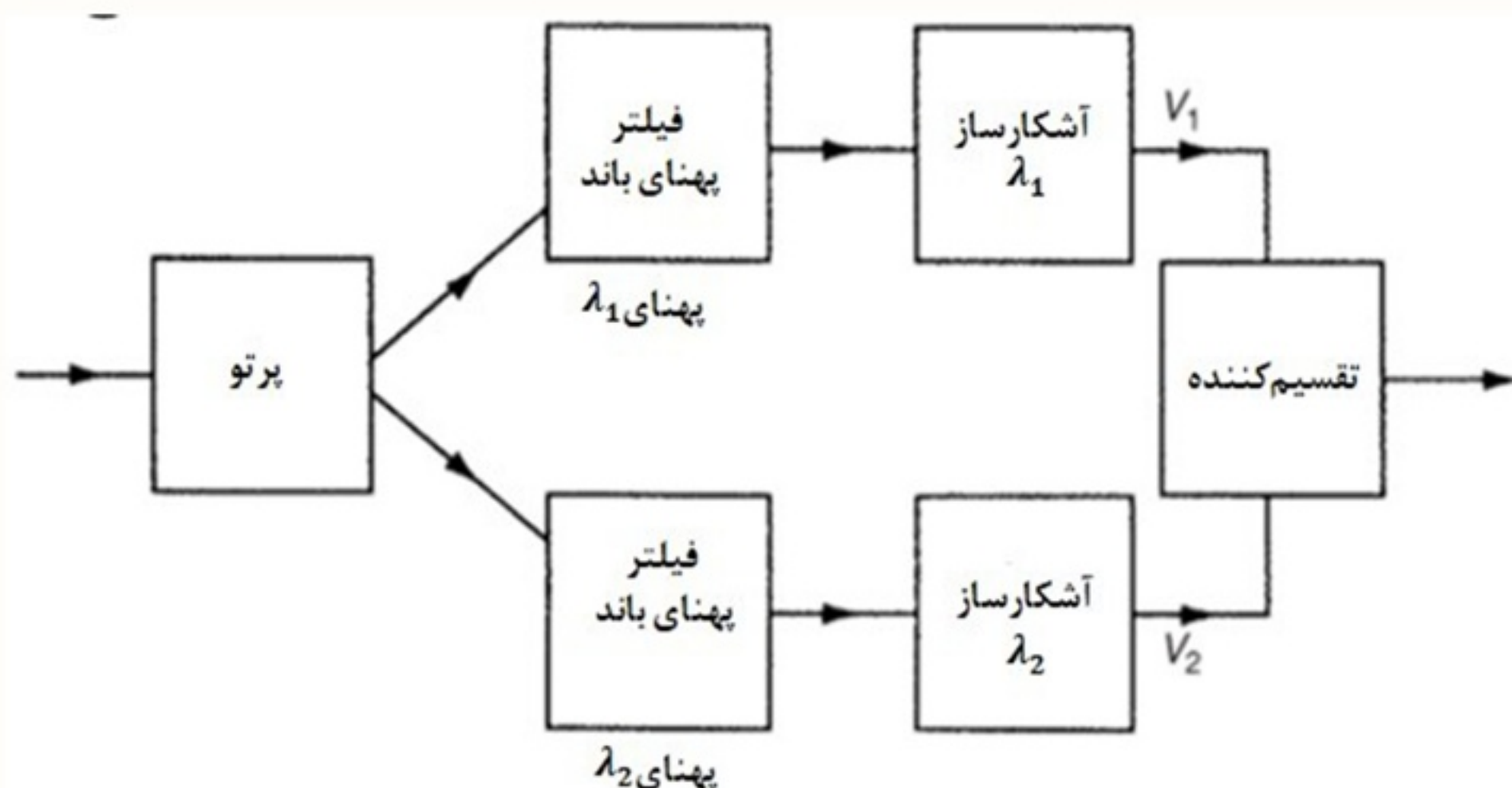
پایرومتر تابشی باند باریک پایداری زیادی دارند و عرض از مبدأ را نیز تحمل می کنند که حدود ۱ سانتی گراد در ۱۰ سال است. آشکارساز نور را به حالت فوتوکانداکتیو یا فوتولتائیک دارند. آشکارساز فوتوکانداکتیو یک بار الکتریکی را در مقاومت قرار می دهد و سلول فوتولتائیک یک ولتاژ را بر پایه ها بر اساس تابعی از تابش اعمال می کند. خروجی این مدل به صورت گسسته ای سی است که مانند حالت پهن باند استفاده می شود.

پایرومترهای دورنگی چگونه کار می کنند؟

تابش از جسم به دو بخش مساوی تجزیه می شود. خروجی فیلترها شامل دو موج باند باریک با طول موج ۱ و ۲ است. آشکارساز طبق این طول موجها دو ولتاژ ۱ و ۲ ایجاد می کنند. نسبت ولتاژهای خروجی می تواند تابعی از دما و مستقل از گسیلندگی باشد که دو طول موج ۱ و ۲ را فراهم می کند. به خاطر عدم دقت طول موجها نباید به هم نزدیک باشند.

پایرومترهای دورنگی

به ارتباط دما و تابش منتشر شده از جسم و گسیلندگی ارتباط دارند. کالیبراسیون دستگاهها به این روش کار دشواری است.



فعالیت انجمن های مهندسی برق

به منظور آشنایی دانشجویان با فعالیت های انجمن های علمی مهندسی برق دانشگاه های سراسر کشور در این قسمت از نشریه علمی تخصصی پیک به معرفی اجمالی و شرح مختصری از فعالیت های انجمن های مهندسی برق می پردازیم. دوستانی که تمایل به معرفی انجمن علمی دانشگاه خود در شماره های آتی دارند از طریق آدرس ایمیل

peakmagazine10@gmail.com

اقدام نمایند .

PE



K

انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه فردوسی با همکاری سازمان علمی دانشجویی برق ایران برگزار می کند

سلسله جلسات مجازی
ایلاتاک
Apply Talk

WARNING #در خانه بمانید

دکتر سید علی حامد موسویان
PhD, University of Maryland

پنجشنبه ۲۱ فروردین ماه
ساعت ۸ شب

/eessc_fum

انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه فردوسی با همکاری سازمان علمی دانشجویی برق ایران برگزار می کند

مسابقه اینستاگرامی
الکتريكال نوروز

هر شب ۸۰۰ هزار ریال جایزه نقدی

زمان: ۲۰ و ۶ و ۸ و ۱۰ فروردین (۲۵ شب)

/eessc_fum

انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه فردوسی
برگزاری سلسله جلسات Apply Talk

انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه فردوسی
برگزاری مسابقه اینستاگرامی الکتريكال نوروز

نخستین جشنواره کارگاه های ملی مهندسی برق ایران
انجمن های علمی دانشگاه مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس با همکاری سازمان علمی دانشجویی مهندسی برق کشور برگزار می کنند

دوره مجازی کار با نرم افزار LATEX

سرفصل ها
آشنایی با LATEX
نحوه فرمول نویسی
قهرست ها و انواع آن
افزودن تصاویر به متن
رسم دیاگرام و فلوجارت
نحوه کار با PSTricks
رسم نمودار و شکل های مختلف با بسته Tikz
نحوه کار با تمپلیت های مقالات و پایان نامه ها

ارائه مدرک معتبر از سوی شاخه IEEE دانشگاه تربیت مدرس و سازمان علمی مهندسی برق کشور

مدرس
محسن فیضی
کارشناس ارشد برق قدرت از دانشگاه تربیت مدرس

نیمه دوم شهریور ۹۹
پنجشنبه ها از ساعت ۱۴ الی ۱۶

مدت زمان دوره: ۱۴ ساعت

ieeetmu
https://tmu.ieee.org.ir
TMU_IEEE



نخستین جشنواره کارگاه های ملی مهندسی برق ایران
انجمن های علمی دانشگاه مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس با همکاری سازمان علمی مهندسی برق کشور برگزار می کنند

دوره ی بلند مدت یادگیری ماشین

ارائه مدرک معتبر از سوی شاخه IEEE تربیت مدرس و سازمان برق کشور

مدرس:
مهندس محمد حسین امینی
کارشناس ارشد مهندسی کنترل از دانشگاه امیرکبیر

نیمه اول شهریور
از ساعت ۱۰ الی ۱۲

MACHINE LEARNING

فهرست مطالب

- Basic Python for Machine Learning
- Optimization and Optimizers
- Linear Regression
- Logistic Regression
- GLM
- SVM
- PCA
- Clustering
- Naive Bayes Classification
- Single Layer Neural Networks
- Multi-Layer Neural Networks

پروژه های انتخاب شده با داده های واقعی

- + Image Compression
- + Image Classification
- + Hand-Written Digits Classification
- + Housing Price Prediction
- + Spam Classification

طریقت مهندسی

ieeetmu
https://tmu.ieee.org.ir
@TMU_IEEE

انجمن علمی مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس

برگزاری دوره مجازی کار با نرم افزار LATEX

کارگاه مقدماتی شروع کار با آردوینو

آردوینو چیست؟
چرا میکرو؟ چرا آردوینو؟
اصول الکترونیک آردوینو
اصول برنامه نویسی آردوینو
دنیای ماژول ها و شیلد ها
آموزش پروژه محور
کارگاه اختصاصی ایده پردازی و کسب درآمد

طول دوره: ۱۱ ساعت
مدرسین: سید محمد ابطی و سید علی لقمانیان

برای اطلاعات بیشتر و ثبت نام به کانال انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه اصفهان مراجعه کنید.
@EESA_UI

انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه اصفهان
سازمان علمی دانشجویی مهندسی برق کشور

انجمن علمی مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس

برگزاری دوره بلند مدت یادگیری ماشین

انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه اصفهان

برگزاری کارگاه مقدماتی شروع کار با آردوینو

سازمان علمی دانشجویی مهندسی برق کشور با همکاری انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه نیشابور برگزار میکند

وینار رایگان سمبلیک متلب
مدرس دوره: مهندس ناصر پاکار

توضیحات:
ریاضیات ۱ و ۲، معادلات دیفرانسیل و ریاضی مهندسی در فضای سمبلیک متلب متغیر ها و معادلات سمبلیک در متلب

زمان:
چهارشنبه پنجشنبه و جمعه ساعت ۱۰-۱۲

انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه نیشابور

برگزاری وینار رایگان سمبلیک متلب



نخستین جشنواره ملی کارگاه های مهندسی برق ایران
سازمان علمی دانشجویی مهندسی برق کشور
با همکاری انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه سمنان
برگزار میکند:

دوره آموزش نرم افزار و سخت افزار

PLC های زیمنس



- آشنایی با مدارات فرمان
- نقشه تابلو برق های صنعتی
- شناخت کامل سخت افزار plc های سری 300 و 400
- برنامه نویسی با نرم افزار های SIMATIC Manajer و tia portal
- پیاده سازی مدارات کنتاکتوری توسط plc
- معرفی پروژه های صنعتی plc

مدرس: مهندس رامین قنبری

مدرس دوره های آموزش plc در دانشگاه

تعداد جلسات: 10 جلسه

چهارشنبه ها 19 الی 20:30



انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه سمنان

برگزاری دوره آموزش نرم افزار و سخت افزار PLC های زیمنس

سازمان علمی دانشجویی مهندسی برق کشور
با همکاری انجمن های عضو برگزار میکند:

نخستین جشنواره کارگاه های ملی
مهندسی برق ایران

دوره های آموزشی کاربردی مهندسی برق
به صورت تماما مجازی

برگزاری آزمون به صورت مجازی و ارائه
گواهی نامه معتبر به پذیرفته شدگان

افتتاحیه و شروع جشنواره: ۱۳ شهریور ماه ۱۳۹۹
اختتامیه: ۲۴ مهر ماه ۱۳۹۹

NSSOEE_IR @NSSOEE_IR NSSOEE-IR

اتحادیه انجمن های علمی دانشجویی مهندسی برق

برگزاری نخستین جشنواره کارگاه های ملی مهندسی برق

انجمن علمی برق و الکترونیک دانشگاه فنی و حرفه ای استان آذربایجان غربی با همکاری
سازمان علمی دانشجویی مهندسی برق کشور و اتحادیه برق و الکترونیک دانشگاه فنی و حرفه ای کشور برگزار می نماید:



محسن رضوانیان

مدرس دانشگاه / مشاور شاخه دانشجویی IEEE شمسی پور

یکشنبه ۲۴ فروردین
ساعت ۱۷:۳۰ - ۱۸:۳۰

افراد موفق چگونه فکر میکنند؟

پخش زنده از اینستاگرام

برای اولین بار، #اون_روی_قرنطینه

instagram.com/aee_afa_official



رامین حبیب زاده آیدتلو

دانش آموخته DBA / مدرس و مشاور سرمایه گذاری در بورس

دوشنبه ۲۵ فروردین
ساعت ۱۷:۳۰ - ۱۸:۳۰



ابراهیم محبوبی

مدیر مرکز تحول و منتور کرافتینی و توسعه کسب و کار

سه شنبه ۲۶ فروردین
ساعت ۱۷:۳۰ - ۱۸:۳۰



انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه فنی و حرفه ای استان آذربایجان غربی

برگزاری کارگاه افراد موفق چگونه فکر میکنند

فعالیت انجمن های مهندسی برق

مبارزه فرهنگی، جهاد دانشگاهی، فرهنگستان مهندسی، انجمن مهندسی برق، انجمن مهندسی مکانیک، انجمن مهندسی کامپیوتر، انجمن مهندسی صنایع، انجمن مهندسی معماری، انجمن مهندسی پزشکی، انجمن مهندسی شیمی، انجمن مهندسی هوافضا، انجمن مهندسی انرژی، انجمن مهندسی محیط زیست، انجمن مهندسی صنایع غذایی، انجمن مهندسی صنایع دارویی، انجمن مهندسی صنایع نساجی، انجمن مهندسی صنایع چرم و پوست، انجمن مهندسی صنایع نساجی، انجمن مهندسی صنایع چرم و پوست، انجمن مهندسی صنایع نساجی، انجمن مهندسی صنایع چرم و پوست

مقاله ثبت نام
۲۲ تا
مهر ماه

رایگان

کارگاه نشریات دانشجویی

مدیر سینی:
مهرزاد عباس نژاد
مطوق دان و عضو کمیته ناظر بر نشریات پیام نور
مهندس امیر کبری نمنی
مدرس سازمان فرهنگی هنری شهرداری تهران

موضوعات: مهندسی برق، مهندسی مکانیک، مهندسی کامپیوتر، مهندسی صنایع، مهندسی معماری، مهندسی پزشکی، مهندسی شیمی، مهندسی هوافضا، مهندسی انرژی، مهندسی محیط زیست، مهندسی صنایع غذایی، مهندسی صنایع دارویی، مهندسی صنایع نساجی، مهندسی صنایع چرم و پوست، مهندسی صنایع نساجی، مهندسی صنایع چرم و پوست، مهندسی صنایع نساجی، مهندسی صنایع چرم و پوست

جهت ثبت نام به آیدی مقاله مراجعه نمایید: @journal_admin2



انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه اسفراین برگزاری کارگاه نشریات دانشجویی

طراحی نیروگاه خورشیدی
به صورت مجازی

مدرس:
مهندسی علی محمدی

تعداد جلسات:
هفت الی هشت جلسه

زمان برگزاری:
پنجشنبه ها ۹ تا ۱۱ از یکم خرداد

هزینه شرکت در دوره:
بیست هزار تومان

مناسب برای دانشجویان رشته های مهندسی برق، مکانیک و انرژی

به شرکت کنندگان در دوره گواهی حضور از طرف معاونت فرهنگی دانشگاه رازی و در صورت قبولی در آزمون از طرف سازمان علمی دانشجویی مهندسی برق کشور نیز اهدا میشود

انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه رازی



انجمن علمی مهندسی برق دانشگاه رازی برگزاری کارگاه طراحی نیروگاه خورشیدی

PE

K

PEAK




راه های ارتباطی :

 @NSSOEE_IR

 www.nssoe.ir

 nssoe_ir

 Peakmagazine10@gmail.com