دانشگاه تربیت مدرس
معاونت دانشجویی و فرهنگی- اجتماعی

BARGHCOM

نشریه علمی تخصصی برقکام

انجمن علمی - دانشجویی مهندسی برق و کامپیوتر

شماره دوم | بهار ۱۴۰۰ | سالنامه | ۱۴۵ صفحه | رایگان | دو زبانه

معرفی بزرگترین انجمن علمی تخصصی جهان | مقالات علمی در حوزه‌های مختلف مهندسی برق و کامپیوتر | بیت کوین و ارزهای دیجیتال

مصاحبه با دکتر بیژن عباسی آرند مدیرعامل محترم اپراتور ایرانسل | آموزش برنامه نویسی پایتون | نقشه مسیر دانشمند داده

گزارش عملکرد انجمن‌های علمی دانشجویی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر | مجموعه پادکست‌های شنیدنی در حوزه مهندسی برق و کامپیوتر

برقه
Tarbiat Modares university
2020
BARGHCOM

انجمن علمی
مهندسی برق و کامپیوتر
دانشگاه تربیت مدرس

IEEE
IRAN SECTION
TMU Student Branch

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

بسم الله الرحمن الرحیم

وبگو: پروردگارا مرا دانش افزای

طه ۱۱۴

شناسنامه نشریه

انجمن علمی دانشجویی مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس تهران– انتشارات الکترونیک

نشریه علمی تخصصی برقکام

صاحب امتیاز : انجمن علمی دانشجویی مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس(معاونت فرهنگی اجتماعی)

مدیر مسئول : بشیر فعله‌گری

سردبیر: مینا عکرش

مدیر داخلی: سکینه پاشایی

اساتید همکار

دکتر سجاد ازگلی، دانشیار، دانشگاه تربت مدرس/ دکتر مهدی عروجی، استادیار،دانشگاه تربیت مدرس/ دکتر امین رمضانی، استادیار دانشگاه تربیت مدرس، تهران / دکتر بیژن عباسیان آرند، دانشیار دانشگاه تربیت مدرس، تهران / دکتر فرزانه شقایق، استادیار دانشکده مهندسی گروه مخابرات دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان / دکتر مینا سلیم، استادیار دانشکده مهندسی گروه کنترل دانشگاه برق و کامپیوتر تبریز، تبریز/ دکتر ساسان احمدیان نمین، دکترای تخصصی پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، تهران / مژگان عزیزی، رئیس دفتر و مسئول کمیته توسعه وب بخش ایران *IEEE*

دانشجویان همکار

محمد قادرزاده، دبیر کمیته‌ی حرفه‌ای‌های جوان بخش ایران *IEEE* و عضو کمیته *HuAC* ناحیه هشت / محمدرضا کاویانپور، دکتری تربیت مدرس، تهران / عرفان محمدی، کارشناسی ارشد تربیت مدرس، تهران/ بشیر فعله‌گری، کارشناسی ارشد تربیت مدرس، تهران/ مینا عکرش، کارشناسی ارشد تربیت مدرس، تهران/ سکینه پاشایی، کارشناسی ارشد تربیت مدرس، تهران/ سعید جورکش، کارشناسی ارشد علم و صنعت، تهران/ مرضیه خلیلی، کارشناسی ارشد تربیت مدرس، تهران/ مهدی غفوری وایقان، کارشناسی ارشد تربیت مدرس، تهران/ پریسا کاویانپور، کارشناسی ارشد دانشگاه بابلسر، مازندران/ محمد استوار، کارشناسی ارشد تربیت مدرس، تهران/ لیلا سادات ساجدی، کارشناسی ارشد تربیت مدرس، تهران/نسیم حقی، کارشناسی ارشد تربیت مدرس، تهران/مرضیه ثابت، کارشناسی ارشد تربیت مدرس، تهران/ محمدامین قاسمی، کارشناسی ارشد تربیت مدرس، تهران/ جواد لطفی گودرزی دکتری تربیت مدرس،تهران

ویراستار علمی	صفحه آرا	طراح جلد
مرضیه ثابت	مرضیه خلیلی	محسن بروغنی

نشریه علمی تخصصی برقکام آماده دریافت آثار علمی اساتید، صاحب نظران و دانشجویان تمامی مقاطع در سطح کشور می‌باشد.

علاقه‌مندان جهت همکاری از طریق درگاه‌های زیر ارتباط برقرار نمایند.

Barghcom.elecom@gmail.com

tmu.ieee.org.ir

این نشریه دارای شماره مجوز ۵۸۲۲/د۱۹۳ از معاونت دانشجویی و فرهنگی - اجتماعی دانشگاه تربیت مدرس می‌باشد

فهرست مطالب

سخن مدیر مسئول ۶

سخن سردبیر ۷

معرفی بزرگترین انجمن علمی تخصصی جهان IEEE ۸

فصل اول: مقالات علمی ۱۴

تشخیص عیب یاتاقان در ماشین دوار با استفاده از شبکه های عصبی پیچشی تک بعدی ۱۵

تشخیص و طبقه بندی انواع نشت خطوط لوله نفت توسط شبکه عصبیConv1D ۲۳

طراحی کنترل کننده تطبیقی مدل مرجع در حضور نویز برای ربات SCARA ۳۳

بررسی روشهای تشخیص عیب در سامانه های الکترومکانیکی ۴۰

تکامل ارتباطات سیار و طراحی ایستگاه پایه (BTS) ۴۵

تبدیل موجک، ابزاری مهم برای استخراج ویژگی ۵۳

مقایسه ای بر کلایسترون های تک لایه ای و چند لایه ای ۵۹

فصل دوم: مقالات مروری و دانستنی‌های مهندسی برق ۶۶

دستکش های رباتیک دستیار هوشمند توانبخشی ۶۷

اتوماسیون سازی منازل و نظارت و کنترل از راه دور تجهیزات و وسایل خانگی با تکیه بر اینترنت اشیا ۸۳

بیت کوین و ارزهای دیجیتال ۹۷

آموزش مقدماتی برنامه نویسی پایتون ۱۰۳

نقشه مسیر دانشمند داده ۱۱۳

فصل سوم: پادکست **۱۱۷**

سرگذشت لامپ رشته ای ۱۱۸

واقعیت مجازی ۱۱۹

کامپیوترهای کوانتومی ۱۲۰

شتاب دهنده ی ذرات ۱۲۱

اسکلت های بیرونی ۱۲۲

فصل چهارم: مصاحبه **۱۲۳**

مصاحبه با آقاب دکتر بیژن آرند ۱۲۴

فصل پنجم: معرفی انجمن **۱۳۰**

گزارش تصویری ۱۳۴

همکاری با IEEE بخش ایران ۱۳۶

معرفی کتاب ۱۳۷

سخن پایانی ۱۴۳

سخن موسس و مدیر مسئول نشریه علمی تخصصی برقکام

خط نوشتم صرف کردم روزگار

من نمانم خط بماند یادگار

مفتخریم تا بار دیگر در مجله‌ی علمی تخصصی برقکام دانشگاه تربیت مدرس، در خدمت اساتید و مهندسین محترم حوزه‌ی فنی و مهندسی برق و کامپیوتر باشیم. در چاپ شماره اول با عنایت بر لطف خداوند متعال و همراهی اعضای محترم هیئت تحریریه توانستیم با افتخار یکی از متفاوت‌ترین و برترین نشریه‌های علمی دانشجویی فنی و مهندسی کشور را ارائه دهیم. به گونه‌ای که این نشریه از سوی ریاست محترم سابق بخش ایران IEEE، ریاست محترم دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس و ریاست محترم کمیته‌ی حرفه‌ای‌های جوان بخش ایران IEEE مورد تقدیر قرار گرفت و در ادامه در جشنواره‌های داخلی و بین‌المللی حرکت حائز رتبه‌های برتر گردید. آنچه که در برقکام حائز اهمیت است رعایت نکات اخلاق در نوشتن، سبک نوشتاری مقالات علمی، نحوه‌ی صحیح اشاره به مراجع، همکاری با اساتید صاحب نام داخل و خارج از کشور، مصاحبه‌های دانشگاهی و صنعتی، ارائه پادکست‌های صوتی و شنیدنی با قابلیت پخش هر کدام با استفاده از QR کد مخصوص در صفحات پادکست، طراحی و صفحه آرایی مختص مجلات علمی می‌باشد.

نشریه علمی تخصصی برقکام همواره پذیرای نظرات و پیشنهادات شما سروران گرامی می‌باشد. صاحب نظران عرصه مهندسی برق و کامپیوتر می‌توانند با ارسال نظرات خود به ایمیل رسمی انجمن به نشانی tmu@stu.ieee.org.ir ما را از بیانات مفیدشان مستفیض نمایند.

در پایان از اعضای محترم هیئت تحریریه به ویژه تیم اجرایی، اعضای شوری مرکزی انجمن علمی دانشجویی مهندسی برق و کامپیوتر، شاخه IEEE دانشگاه تربیت مدرس، مجموعه‌ی محترم معاونت دانشجویی و فرهنگی-اجتماعی دانشگاه تربیت مدرس و بخش ایران IEEE که ما را در ارائه هر چه بهتر نشریه یاری نمودند تشکر و قدردانی نمایم.

بشیر فعله‌گری

مدیر مسئول نشریه برقکام و عضو شورای ناظر بر نشریات دانشجویی دانشگاه تربیت مدرس

Bashir.Felegari@ieee.com

@Bashir_Felegari

02182883904

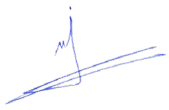
سخن سردبیر نشریه علمی تخصصی برقکام

به نام خدا

اگر نمی‌توانی اقیانوس باشی، دریا باش، اگر نه رودخانه باش و اگر نمی‌توانی رودخانه باشی نهری کوچک باش، اما هیچ‌گاه مرداب نباش. نهری باش جاری، زلال و مهربان و با جوشش زیباییت زندگی را به همه هدیه کن چون وقتی حرکت می‌کنی هم زنده‌ای و هم به دیگران زندگی می‌دهی، سبزه‌های کنار نهر را دیده‌ای چه زیبا چشم را نوازش می‌دهند و ماورای پروانه‌های لطیف و زیبا هستند، این‌ها به خاطر سخاوت و مهربانی نهر کوچک اما جاری است، پس تو هم با الهام از این رود کوچک جاری شو و بدان خدا در همه حال با توست.

فرصتی دوباره دست داد تا به بهانه انتشار مجدد نشریه با خوانندگان گرانمایه نشریه در ارتباط باشیم. تداوم انتشار نشریه بدون مشارکت شما امکان‌پذیر نخواهد بود. استقبال شما با ارسال مقالات پرمایه باعث شکوفایی این نشریه در جمع دانشجویان و دانشگاهیان خواهد گردید. لازم می‌دانم از زحمات تمامی دست اندرکاران، از جمله مدیر مسئول محترم، اعضای محترم هیئت تحریریه و تمامی عزیزانی که با ارسال مقاله، ما را یاری دادند و همچنین سایر دوستانی که در راه‌اندازی و انتشار مجدد نشریه تلاش نمودند صمیمانه سپاسگزاری نموده و برای همه این بزرگواران، از درگاه خدای متعال توفیق روزافزون مسئلت نمایم.

مینا عکرش



سردبیر نشریه علمی برقکام

ekresh.mina@ieee.com

@Ekresh_mina

+98-9165770753

معرفی بزرگترین انجمن علمی تخصصی جهان
IEEE

بشیر فعله گری [۱]، محمد قادر زاده [۲]، مژگان عزیزی [۳]

۱_ رئیس شاخه دانشجویی IEEE دانشگاه تربیت مدرس
۲_ دبیر کمیته حرفه‌ای‌های جوان بخش ایرانIEEE، عضو کمیته HuAC ناحیه IEEE 8
۳_مسئول دفتر و کمیته توسعه وب بخش ایران IEEE

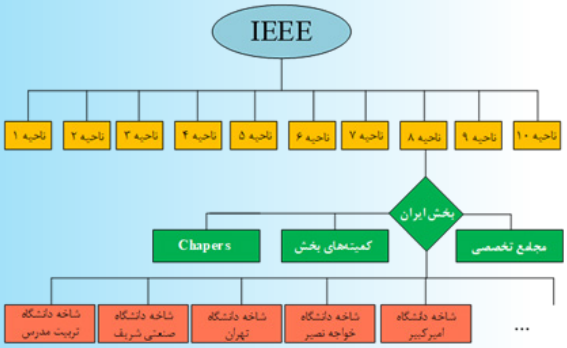
انجمن مهندسین برق و الکترونیک یا همان Institute of Electrical and Electronics Engineers که به اختصار IEEE می نامند بزرگترین انجمن علمی تخصصی جهان می باشد که تا کنون ۴۱۹ هزار عضو در سرتاسر جهان دارد.
از جمله مهم ترین شعار سازمانی این انجمن "پیشرفت تکنولوژی در اختیار زندگی بشر" می باشد. که تاکنون خدمات ارزنده را به جامعه جهانی داشته است.

تقسیمات IEEE

جغرافیای جهان از دیدگاه IEEE به ۱۰ ناحیه تقسیم می شود. این نواحی همانطور که در شکل۱ مشخص شد بدین صورت تقسیم بندی شده اند:

نواحی ۱ الی ۴: ایالات متحده آمریکا
ناحیه ۵: کانادا
ناحیه ۶: آمریکای جنوبی و مرکزی
ناحیه ۷: استرالیا
ناحیه ۸: برخی کشورهای آسیایی و اروپایی
ناحیه ۹: آمریکای جنوبی
ناحیه ۱۰: چین و استرالیا

هر ناحیه به تعداد زیادی بخش یا Section تقسیم بندی شده است. که تا کنون ۳۴۲ بخش در جهان در حال فعالیت هستند. به عنوان مثال بخش ایران در ناحیه هشت جهان قرار دارد.
درنهایت آخرین دسته بندی مربوط به شاخه‌های دانشگاهی می باشد. و هر بخش به تعداد زیادی شاخه دانشجویی تقسیم بنده می شود. به عنوان مثال: شاخه IEEE دانشگاه تربیت مدرس تهران.
بنابراین ساختار به صورت زیر می باشد:



ساختار سازمانی IEEE

هر قسمت از ساختار شکل۱، اعضایی تحت عنوان هیئت رئیسه طبق نتایج انتخابات برگزیده می شوند. هیئت رئیسه متشکل از چهار بخش رئیس، نایب رئیس، خزانه دار و منشی می باشد.

انتخابات IEEE بدین گونه است که هر کاندید قبل از شروع انتخابات جایگاه سازمانی خود را انتخاب کرده و فقط در آن جایگاه مورد ارزیابی قرار می گیرد. به عنوان مثال یک کاندید ممکن است فقط در سمت های ریاست و نایب رئیسی کاندید شده و تمایلی به خزانه دار یا منشی شدن نداشته باشد و یا کاندید دیگری فقط تمایل داشته باشد که در سمت خزانه داری وارد عرصه شود. سرانجام در هر سمت طبق بیشترین رای کسب شده فرد مورد نظر انتخاب می شود.

انتخابات جهانی هر دوسال یک بار انجام می شود و مطابق قوانین مرکزی چهار تن به عنوان اعضای اصلی هیئت رئیسه ی جهان که به آن ها Head Quarter نیز می گویند انتخاب می شوند. افراد رای دهنده تماما اعضای IEEE بوده و جهت ثبت رای حتما باید حساب کاربری آن ها فعال باشد. به موازات انتخابات جهانی، هر ناحیه جهت تکمیل هیئت رئیسه خود اقدام به انتخابات می نماید. آخرین انتخابات برگزار شده در سال ۲۰۲۰ بوده است.

انتخابات هر بخش نیز هر دوسال یک بار انجام می گردد و در ایران آخرین انتخابات در آبان ۱۳۹۹ برگزار شد. اعضای محترم انتخابی این دوره ی به صورت عکسی که در ادامه آورده شده است می باشد.

مسابقات IEEE

هر ساله مسابقات بین المللی از با پیشتیابی مرکز برگزار خواهد شد. از جمله ی این مسابقات می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- IEEEDay
- IEEEXtreme
- IEEEMadc
- SPC

جناب آقای پروفسور وحید احمدی

استاد تمام گروه مهندسی برق الکترونیک دانشگاه تربیت مدرس

سمت: رئیس بخش ایران IEEE

جناب آقای پروفسور حسین عسکریان ابیانه

استاد تمام گروه مهندسی برقدرت دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سمت: نایب رئیس بخش ایران IEEE

سرکار خانم دکتر مریم طایفه محمودی

عضو هیات علمی پژوهشگاه ارتباطات

سمت: دبیر بخش ایران IEEE

جناب آقای محمدرضا یوسفی

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد نجف آباد

سمت: خزانه دار بهش ایران IEEE

پس از تکمیل تیم هیئت رئیسه سایر قسمت های مهم هر بخش از جمله روسای کمیته های بخش ایران، روسای مجامع تخصصی و همچنین روسای چپترهای بخش مشخص و رئیس هر قسمت اقدام به تکمیل تیم علمی خود می نماید. لیست جدیدترین روسای بخش ایران که در سال ۱۳۹۹ در سایت رسمی بخش به نشانی ieee.org.ir به صورت جدولی که در ادامه آورده شده است می باشد.

انواع عضویت در IEEE

اولین عضویت در IEEE عضویت دانشجویی بوده و مقدار دلاری آن برای دانشجویان ایرانی ۲۷ دلار آمریکا می باشد که بمدت یکسال میلادی معتبر می باشد. پس از گذشت نیم سال جهت عضویت مقدار دلاری به ۵/۱۳ دلار کاهش می باشد و هزینه نیم بها اخذ می شود. پس از فارغ التحصیلی دانشجویان عضویت تحت عنوان Member می باشد.

در صورت فعالیت حرفه ای در IEEE، آن دسته از استاتیدی که تاییدیه های لازم را داشته باشند می-توانند به عنوان عضو ارشد یا Senior فعالیت نمایند. که این مقام یک اعتبار معنوی حرفه ای در بین مهندسان و اساتید مهندسی برق در جهان می باشد. از جمله مقامات بالاتر می توان به Fellow اشاره کرد. در ایران سه تن از اساتید دانشگاه های کشور توانسته اند به این مقام نایل شوند ازجمله جناب آقای پروفسور محمود فتوحی فیروزآباد از دانشگاه صنعتی شریف، جناب آقای پروفسور جواد صالحی از دانشگاه صنعتی شریف و جناب آقای پروفسور جمال الدین گلستانی از دانشگاه

صنعتی شریف.

عضویت Life Fellow به آن دسته از صاحب نظرانی گفته می شود که مجموع فعالیت حرفه ای آنها با تعداد سال فعالیتشان به ۱۰۰ سال برسد.!

روسای کمیته های بخش ایران IEEE		
اخلاق در مهندسی	دکتر رضا فرجی دانا	دانشگاه تهران
ارتباطات	دکتر گئورک قرهپتیان	دانشگاه امیرکبیر
ارتباط با صنعت	مهندس حسین ریاضی	مدیر عامل مبین نت
ارتقا	دکتر احمد خادم زاده	پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات
انتصابات و انتخابات	دکتر محمود فتوحی فیروزآباد	دانشگاه شریف
توسعه و استانداردها	دکتر محمودرضا حقی فام	دانشگاه تربیت مدرس
توسعه تارنما	سرکار خانم مژگان عزیزی	مسئول دفتر بخش ایرانIEEE
توسعه عضویت	دکتر وحید نیری	دانشگاه علم و صنعت
جوایز	دکتر جواد فیض	دانشگاه تهران
حرفه ای های جوان	دکتر علیرضا فریدونیان	دانشگاه خواجه نصیر
خبرنامه	علی اکبر تدین تفت	دانشگاه یزد
زنان در مهندسی	دکتر زهره عظیمی فر	دانشگاه شیراز
فعالیت های آموزشی	دکتر نصرت اله گرانپایه	دانشگاه خواجه نصیر
فعالیت های حرفه ای	دکتر اسلام ناظمی	دانشگاه شهید بهشتی
فعالیت های دانشجویی	دکتر امیرابوالفضل صورتگر	دانشگاه امیرکبیر
کنفرانس ها	دکتر حمیدرضا تقی راد	دانشگاه خواجه نصیر
مجامع تخصصی	دکتر حیدرعلی طالبی	دانشگاه امیرکبیر

تاریخچه و اهداف بخش ایران IEEE

بخش ایران ایتریپل ای در تاریخ ۲۳ اسفند سال ۱۳۴۸ (به میلادی ۲۱ فوریه ۱۹۷۰) با تلاش های فراوان دکتر عباس چمران، استاد دانشگاه صنعتی شریف تاسیس گردید. بخش ایران به عنوان سیزدهمین بخش در ناحیه ۸ آغاز فعالیت کرد. در حال حاضر ۵۸ شاخه دانشجویی زیرمجموعه بخش ایران فعالیت می‌کنند و کنفرانس های ملی و رویدادهای علمی متنوعی با حمایت این بخش برگزار می شوند.

اهم فعالیت های این مجموعه به شرح زیر است:

- ارتقا سطح همکاری کمیته‌های بخش ایران با IEEE مرکز ، ناحیه ۸ و دیگر ناحیه آن و افزایش میزان مشارکت
- حمایت فنی از کنفرانس های ملی به منظور تثبیت مقالات با کیفیت در کتابخانه دیجیتال IEEEXplore
- برگزاری رویدادهای منطقه‌ای و بین المللی در ایران
- دعوت از محققان برجسته به منظور معرفی برنامه ها و فعالیت های آنها به صورت سخنرانی حضوری یا برخط و همکاری با نهادهای دانشگاهی در ایران

• دعوت از استادان برجسته کشوری در دانشگاه های مختلف جهت برگزاری سخنرانی های علمی
• ترویج فعالیت‌های آموزشی در کشور
• تهیه و تنظیم مسیر آموزشی و تحقیقاتی در حوزه-های IEEE
• افزایش عضویت در IEEE
• معرفی و ترویج جوایز ملی در حوزه آموزش و پژوهش ، شاخه های دانشجویی و فعالیت های داوطلبانه
• کمک به ارتقای اعضا به سطح عضو ارشد و Fellow
• توسعه فعالیت های زنان در مهندسی و دیگر گروه‌های وابسته به این انجمن
• مشارکت در توسعه استانداردهای کشوری
• توسعه ارتباطات با صنعت به منظور افزایش رشد فناوری در سطح ملی، توسعه فعالیت های شاخه های دانشجویی و افزایش تعداد آنها در دانشگاه‌های ایران به منظور گسترش شبکه های دانشجویی در کشور
• توسعه فعالیت های مجامع تخصصی به منظور گسترش شبکه اعضای هیات علمی و دانشجویی در کشور

همچنین بخش ایران دو رویداد بزرگ در سطح کشور به منظور نیل به اهداف بالا و افزایش تعامل میان اعضای هیئت علمی و دانشجویی خود به صورت سالانه برگزار می کند

• نشست مشاورین و روسای شاخه دانشجویی بخش ایران (فصل پاییز)
• نشست سالیانه بخش ایران (فصل بهار)

مزایای عضویت در IEEE

• ارتباط با شبکه جهانی مهندسین برق و کامپیوتر با بیش از ۴۲۰ هزار عضو
• دسترسی به منابع علمی و حرفه ای IEEE
• تخفیف ۲۰ درصد در ثبت نام در کنفرانس های مورد حمایت IEEE در سراسر جهان
• امکان همکاری در پروژه های انسان دوستانه در سراسر جهان
• امکان گرفتن کارآموزی و همکاری در سطح ملی و بین المللی
• تخفیف ثبت نام در کارگاه های تخصصی بخش ایران IEEE
• امکان کسب اعتبار بین‌المللی در قالب عضو ارشد و Fellow
• امکان گرفتن حمایت های مادی برای دانشجویان عضو برای شرکت در کنفرانس های بین المللی

موفقیت های ۱۰ ساله اخیر بخش ایران

• نمایه کردن مقالات بیش از ۲۷۳ کنفرانس داخلی در سایت IEEEXplore
• برگزاری سالانه بیش از ۲۵۰ کارگاه تخصصی در سطح کشور
• مقابله با تحریم علمی ایران با ایجاد ارتباط بین المللی در تمامی حوزه های پژوهشی
• حمایت معنوی و مادی از ۵۸ شاخه دانشجویی در سراسر کشور
• تقویت و ترویج فرهنگ کار داوطلبانه بین اعضا
• ترویج رعایت اخلاق در مهندسی از طریق سایت برای محققین
• کسب جایزه بهترین بخش در ناحیه هشت IEEE در سال ۲۰۱۲
• کسب جایزه رشد عضویت در ناحیه هشت در سال های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰
• کسب مقام اول در دو نوبت مسابقات بین المللی IEEEX-treme
• کسب مقام دوم در سه نوبت مسابقات مقاله نویسی ناحیه هشت IEEEDay
• کسب مقام سوم در IEEEDay ۲۰۱۹
• ایجاد همکاری نزدیک با بخش، انگلیس ایرلند و ترکیه
• همکاری با انجمن های آموزش مهندسی ، اپتیک و فوتونیک ، و مهندسین برق و الکترونیک ایران
• برگزاری مسابقات دانشجویی داخلی و شرکت در مسابقات جهانی هم چون IEEEXtreme و IEEEMadc

اهداف اساسی

• ارتقاع همکاری بین المللی کمیته های بخش ایران و همتایان خود در منطقه و ناحیه هشت و دیگر نواحی
• افزایش نامزدی اعضای بخش جهت اخذ جوایز مختلف
• حضور در کارزار نمایندگی اعضای ایرانی در منطقه ۸ با سایر نهادهای IEEE
• کمک به بهبود همایشهای ملی از لحاظ فنی و یا حمایت‌های مالی ، بهبود کیفیت آن ها و نمایش آنها در IEEEXplore
• برگزاری کنفرانس های منطقه ای و بین المللی در ایران
• دعوت از پژوهشگران برجسته ایرانی برای همکاری
• تهیه نقشه راه برای آموزش و تحقیق در مناطق محدوده IEEE
• کمک به پیشرفت های علمی و فناوری های محلی از طریق سیاستگذاری تدبیری و هدفمند در کنفرانس ها و کمیته های تخصصی
• تاسیس شعبه های جدید دانشجویی
کمیته های بخش ایران
کمیته حرفه‌ای‌های جوان
• تشویق دانش آموختگان جوان به فعالیت و مسئولیت پذیری ، ارتقا ایجاد و کاربرد علوم و فناوری

• افزایش دانش جوانان برای تبدیل شدن به رهبران قوی‌تر و موفق‌تر
• تشویق به یک برنامه جانبی مانند پیوستن و یا استفاده از برنامه‌های این کمیته ، پس از دانش آموختگی
• هدایت دانشجویان و دانش‌آموختگان در طراحی مسیر شغلی آینده شان
• برگزاری وبینار مسیر شغلی در جهت بهبود دید دانشجویان از طریق افراد صنعتی و باتجربه
• برگزاری ۱۲ وبینار بین المللی در زمینه های صنعت و دانشگاهی و معرفی افراد برجسته صنعتی و دانشگاهی

کمیته دانشجویی

• نشست های دانشجویی و مشاورین دانشگاه ها
• تهیه اساسنامه و تدوین آیین نامه شاخه ها
• برگزاری سمینارها و کارگاه های مختلف با همکاری کمیته های آموزش و فعالیت های حرفه ای
• تهیه و تصویب و آیین‌نامه‌های جوایز دانشجویی رساله برگزیده، پایان نامه برگزیده، پروژه کارشناسی برگزیده و مشاور برگزیده در قالب گزارش دهی سالیانه
• برگزاری مسابقات بین المللی
• ایجاد روحیه داوطلبانه و توسعه فعالیت‌های دانشجویی
• تهیه تقویم از تاریخ های مهم و بروشور اختصاصی کمیته
• کسب رتبه اول مسابقات بین المللی
• افزایش تعداد شاخه های دانشجویی به ۸۵ شاخه جدید با کمک کمیته توسعه عضویت ایران
• راه اندازی مجله پرتو به زبان فارسی

کمیته فعالیت های حرفه ای

• کمک به اعضا جهت دسترسی به افراد، ایجاد آگاهی از مسائل حرفه ای و توسعه مهارت های آنها در زمینه‌های مانند جستجوی کار ، ارتباط و مدیریت پروژه
• دعوت از سخنرانان بین المللی و داخلی برای ارائه کارگاه و وبینارهای غیر تخصصی
• ایجاد سیستم ارائه گواهی دیجیتال صدور گواهی بیش از ۲۵ کارگاه و وبینار در بخش ایران
• همکاری با کمیته زنان ، فعالیت‌های دانشجویی ، ارتباط با صنعت و حرفه‌ای جوان پخش ایران در ارائه و برنامه‌ریزی و اجرای کارگاه وبینار
• همکاری در به روز رسانی و مدیریت محتوای پایگاه اطلاع‌رسانی پرتو
• همکاری و همفکری در ایجاد سایت کاریابی بخش ایران
• برگزاری کارگاه های مشترک با کمیته آموزش در زمینه: نامه نگاری ارائه و ارتباط به زبان انگلیسی ، آموزش اعضای هیات علمی دانشگاه‌ها و دانشجویان تحصیلات تکمیلی، کارآفرینی و ایجاد نوآوری ، نظریه پردازی موفق، مقاله کاوی در پایگاه‌های اطلاعاتی
• همکاری با کمیته های دیگر در جهت برگزاری کارگاه ها کمیته جوایز
• تدوین کتابچه جوایز (مجموعه جوایز بخش ایران و IEEE جهانی)
• تهیه آیین نامه جوایز بخش ایران استاد پیشکسوت در امر آموزش، استاد پیشکسوت در امر پژوهش مهندس پیشکسوت در صنعت، زنان در مهندسی، آموزش و پژوهش جوانان، پروژه تخصصی پایان نامه کارشناسی ارشد و رساله برگزیده دکترا، شاخه دانشجویی برگزیده، شاخه های دانشجویی قابل تقدیر، مشاور برگزیده دانشجویی، کارآفرین برتر، آموزشی استاد پرویز جبه دار مارالانی در زمینه آموزش مهندسی برق، پژوهشی استاد کار لوکس در زمینه کنترل و سیستم‌های هوشمند، پژوهشی استاد محمد حکاک در زمینه مخابرات میدان، پژوهش استاد فخرایی در زمینه میکرو الکترونیک سیستم های دیجیتال مدارهای مجتمع و تحقیق سخت‌افزاری و سیستم های مخابراتی
• ارزیابی نامزدهای جوایز بخش ایران معرفی جایزه گیرندگان
• بررسی و بازنگری آیین نامه های جوایز
• نامزدی افراد شاخص برای جوایز ناحیه ۸ و IEEE

کمیته توسعه وب

• تهیه وب سایت بخش ایران و به روزرسانی آن
• تهیه سیستم های جوایز، مجامع تخصصی، سیستم احراز هویت مرکزی، صدور گواهی، کاریابی و خبرنامه
• اختصاص فضای میزبانی، ایمیل اختصاصی و آدرس شاخه های دانشجویی
• امن سازی و پیاده سازی پایش(Monitoring)، راه اندازی اشتراک فایل، زیر ساخت Job Site و مجله بر تو
• طراحی و پیاده سازی سیستم گواهی دیجیتال بخش ایران

کمیته کنفرانس ها

• ارزیابی بیش از ۵۶ کنفرانس
• بررسی های مقدماتی برای نمایه کردن بیش از ۱۶۰۰ مقاله
• حمایت از ۵۴ کنفرانس (اعطای مجوز استفاده از لوگوی IEEE در ۱۴ کنفرانس و نمایه کردن ۴۰ کنفرانس)
• برگزاری جلسه مشترک با گروه های تخصصی و استفاده از نتایج ارزیابی این گروه ها در امتیاز دهی و میزان حمایت از کنفرانس ها

کمیته خبرنامه

- ارتقاء کیفی با طراحی قالب جدید برای خبرنامه
- طراحی خبرنامه آنلاین
- به روز رسانی سیستم مدیریت خبرنامه با همکاری کمیته وب
- تهیه خبرنامه به صورت دو فصلنامه

کمیته آموزش

- برپایی کارگاه آموزشی با همکاری فعالیت های حرفه ای و دانشجویی
- برگزاری دو استارت آپ ویکند و مسابقه دانشجویی
- جلسه مشترک با کمیته فعالیت های حرفه ای

کمیته توسعه عضویت

- عضوگیری در رویدادهای دانشگاهی و صنعتی
- معرفی IEEE در دانشگاه ها
- برگزاری مسابقه کلیپ معرفی IEEE
- ارتباط با کمیته ارتباط با صنعت برای توسعه عضویت صنعت
- برگزاری کارگاه تجارب موفق مدیریت شاخه ها

کمیته زنان در مهندسی

- هدف از این کمیته در بخش ایران انگیزه بخشی ، درگیر نمودن ، تشویق و توانمندسازی در عرصه ملی و بین المللی است. بدین منظور رویدادها ، جلسات، کارگاه ها ، کنفرانس ها ، نشست های تخصصی و دوره‌های کارآموزی برای اعضا ارائه می‌شود.
- چشم انداز: استفاده از همه ی ظرفیت ها و استعدادها و ایجاد همکاری و تعامل بین این ظرفیت‌ها به منظور ایجاد نوآوری و فناوری‌های جدید در راستای بهبود زندگی بشر

کمیته ارتباط با صنعت

- تشکیل کمیته ارتباط با صنعت و تعیین اهداف و وظایف چشم انداز کمیته و تعامل با کمیته های دیگر
- اطلاع رسانی و دعوت و مذاکره با افراد صنعتی برای مشارکت در مجامع بخش ایران
- ترغیب و ترویج همکاری داوطلبانه افراد ، شرکت‌ها و سازمان‌های فعال در حوزه صنعت با بخش ایران
- پشتیبانی و حمایت از فعالیت های دانشجویی
- تهیه و تدوین White Paper سند راهبردی در حوزه صنعت برق به عنوان فرصت های سرمایه گذاری و کارآفرینی در صنعت ارتباطات و فناوری اطلاعات
- دعوت از کارآفرین های موفق در برگزاری میزگرد ، پنل تخصصی و سخنرانی در نشست مشاورین و مراسم سالیانه
- حمایت از غرفه های بخش ایران در کنفرانس ها و نمایشگاه ها
- حمایت از بازدیدها و سفر های دانشجویی و تامین مالی
- تهیه و تدوین آیین نامه جوایز در حوزه صنعت جایزه مهندس پیشکسوت صنعتی و جایزه کارآفرین برتر
- راه اندازی سایت کاریابی و به روز رسانی آن
- حمایت از کارآموزی و کارورزی دانشجویان
- برگزاری ۲۲ کارگاه و سمینار در حوزه تخصصی
- توسعه ایده عضوگیری صنعتی و انجام مقدمات تأسیس شاخه های صنعتی

کمیته در مجامع تخصصی

- فعالیت‌های مجامع تخصصی شامل برگزاری کارگاه‌های آموزشی، پژوهشی، سمینارها، کنفرانس-ها، نظارت علمی و کنفرانس ها در حوزه تخصصی است. در جلسات این مجامع نقشه راه و آینده پژوهشی در حوزه‌های تخصصی در کشور نیز انجام می‌شود که پیشنهادات به ارکان ذی ربط ارسال می شود.
- ایجاد ارتباطات صنعتی و ارتباطات راهبردی دانشگاهی صنعتی از جمله وظایف مهم این مجامع علمی است. کمیته راهبردی مجامع شامل ریاست و معاون مجامع و روسای یکایک مجموعه های تخصصی است که جلسات ماهیانه منظم دارد و به صورت فوق‌العاده هم جلساتی برگزار می نماید.
- مشاوره در تعیین راهبرد آموزش و پژوهش در مهندسی برق و کامپیوتر با توجه به نیازهای کشور و نیازهای بین المللی
- برگزاری فراخوان برای متخصصان دانشگاهی صنعتی برای ایجاد مجمع کنترل، مجمع قدرت، مجمع مخابرات، مجمع الکترونیک، مجمع کامپیوتر، مجمع الکترومغناطیس و فوتونیک
- برگزاری نشست ارائه White Paper در صنعت مخابرات و صنعت برق
- بررسی و ارزیابی کنفرانس های بخش ایران
- اصلاح و بازبینی آیین نامه جوایز و بخش ایران

فصل اول

مقالات علمی

- تشخیص عیب یاتاقان در ماشین دوار با استفاده از شبکه های عصبی پیچشی تک بعدی
- تشخیص و طبقه بندی انواع نشت خطوط لوله نفت توسط شبکه عصبیConv1D
- طراحی کنترل کننده تطبیقی مدل مرجع در حضور نویز برای ربات SCARA
- بررسی روش های تشخیص عیب در سامانه های الکترومکانیکی
- تکامل ارتباطات سیار و طراحی ایستگاه پایه (BTS)
- تبدیل موجک، ابزاری مهم برای استخراج ویژگی
- مقایسه ای بر کلایسترون های تک باریکه ای و چند باریکه ای

- Detection of bearings in rotating machines using one-dimensional torsional neural networks
- Detection and classification of oil pipeline leaks by Conv1D neural network
- Design Model Reference Adaptive Control in presence of noise for SCARA robot
- Investigation of fault detection methods in electromechanical systems
- Evolution of Mobile Communications and Base Station Design (BTS)
- Wavelet transform, an important tool for feature extraction
- A comparison stusy of single-beam and multi-beam klystron

تشخیص عیب یاتاقان در ماشین دوار با استفاده از شبکه عصبی پیچشی تک بعدی

سکینه پاشایی [۱]، امین رمضانی [۲]، سعید جورکش [۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس ، تهران، عضو دانشجویی IEEE، sakinehpashaee@gmail.com
۲- استادیار، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، عضو رسمی IEEE، ramezani@modares.ac.ir
۳- کارشناسی ارشد ، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، Saeidjorkesh@yahoo.com

چکیده

در این مقاله عملکرد شبکه عصبی عمیق پیچشی در تشخیص وضعیت های موتورالقایی(سالم، عیب حلقه بیرونی یاتاقان) مورد بررسی قرار گرفته است. سیگنال های سه فاز جریان و ولتاژ پس از استخراج برای آموزش شبکه عصبی عمیق مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج حاصل از آزمایش نشان می دهد که روش شبکه عصبی عمیق پیچشی تک بعدی با قابلیت اطمینان بالایی عیوب ذکر شده را تشخیص داده است.

کلیدواژگان: تشخیص عیب، شبکه عصبی پیچشی تک بعدی، شبکه عصبی عمیق، موتور القایی، یاتاقان

Abstract

In this paper, the performance of a deep convolutional neural network in diagnosing the conditions of an induction motor (healthy, bearing outer ring fault) is investigated. Moreover, Three current and voltage signals have been used after collection to train deep neural networks. Finally, the experimental results show that the one-dimensional deep convolutional neural network method has been detected the conditions with high reliability.

Keywords : Fault Detection, One-dimensional Convolutional Neural Network, Deep neural network, Induction motor, Bearing

۱- مقدمه

موتورهای القایی یکی از پرکاربردترین محرک های صنعتی هستند که در ساختمان بسیاری از تجهیزات از جمله الکتروپمپ ها،کمپرسورها، دستگاه های تهویه هوا، لوازم خانگی و .... به کار گرفته شده اند. این ماشین آلات محبوب به دلیل سادگی ساختار، هزینه ی نگهداری پایین، قابلیت اطمینان و بهای ارزان به طور گسترده در صنایع گوناگون مورد استفاده قرار گرفته اند. علی رغم تمامی این مزیت ها، موتورها القایی در معرض برخی عیوب و خرابی ها قرار دارند که در صورت نادیده گرفته شدن و سهل انگاری میتواند به توقف فرآیندها، افزایش هزینه های تعمیر و نگهداری و در برخی مواقع حتی به تلفات انسانی منجر شود. بنابراین به منظور رفع عیب قبل از منتشر شدن و تبدیل به خرابی، باید به تشخیص آن پرداخت. روش-های کلی تشخیص عیب عبارت اند از : مبتنی بر داده، مبتنی بر مدل و مبتنی بر پایگاه

دانش. روش های مبتنی بر پایگاه داده ترکیبی از دو روش قبل است مانند استفاده از شبکه های عصبی. شبکه های عصبی مصنوعی(ANNs) یکی از روش های رایج در تشخیص عیب است. این روش در بین روشهای مختلف، نسبتاً دارای محبوبیت بیشتری است. شبکه عصبی تقلیدی از ذهن انسان بوده، که تصمیمات انسانی را شبیه سازی کرده و از آنها حتی زمانی که پیچیده، نویزی و یا بی ربط باشند، نتیجه گیری می کند[۱].

تشخیص عیب هوشمند به کاربردهای تئوری های یادگیری ماشین در تشخیص عیب ماشین اشاره دارد. این یک روش برای کاهش سهم نیروی انسانی و بررسی وضعیت سلامت ماشین آلات به صورت خودکار است. نظریه های سنتی یادگیری ماشینی سهم کار انسان را کم می کردند و استفاده از هوش مصنوعی را در تشخیص عیوب ماشین فراهم می کرد. طی سال‌های اخیر، ظهور نظریه های یادگیری عمیق باعث ارتباط مستقیم بین وضعیت سلامت ماشین آلات و داده های نظارتی که به طور فزاینده ای رشد می کنند، شده است[۲].

در پژوهش های اخیر شبکه های عصبی عمیق جایگاه ویژه ای در تشخیص عیب یافته است. در مقاله[۳] از استدلال مبتنی بر قوانین در تشخیص عیب یاتاقان استفاده شده است. اگرچه استدلال مبتنی بر قاعده می تواند نگاشت غیرخطی را از ویژگی های منتخب به حالات سالم ایجاد کند، اما با افزایش تعداد قوانین طراحی شده برای ماشین آلات پیشرفته، کارایی استدلال کاهش می یابد. درمرجع [۴] از سیستم خبره فازی برای تشخیص عیب یاتاقانها استفاده شدهاست که به دقت بالایی دست یافته است. عملکرد این استدلال به مجموعه دادههای فازی وابسته است که دریافت این داده ها مشکل است. بنابراین توانایی یادگیری کمی دارد. مقاله[۵] از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه برای ساخت موتور استنتاج و استنباط رابطه بین داده های جمع آوری شده و وضعیت سالم بودن یاتاقان ها استفاده کرده است. استدلال مبتنی بر شبکه عصبی نیاز به کسب دانش تشخیص از داده های آموزش کافی دارد، که در مهندسی دشوار است برآورده شود. علاوه بر این، چنین استدلالی نمی تواند روند استدلال و معانی فیزیکی دانش ذخیره شده ناشی از جعبه سیاه شبکه عصبی را به وضوح توضیح دهد. در مقاله [۶] از AE پشته ای برای یادگیری خودکار ویژگی ها از داده های حوزه فرکانس و سپس تکمیل وظایف تشخیصی یاتاقان عناصر چرخشی و چرخ دنده، که یکی از اولین مطالعات در مورد AE انباشته بود، استفاده شده است. مدل تشخیصی ساخته شده شامل سه AE پشته ای است که به طور خودکار اطلاعات غیرمفید مربوط به سالم بودن را جدا کرده و اطلاعات مفید را فشرده می کند تا اینکه به طور دستی ویژگی های آماری را مانند تشخیص عیب هوشمند سنتی استخراج کند. از نتایج روش پیشنهادی انتظار می‌رود که داده های برچسب دار گسترده را کنترل کند و دقت بالایی را بدست آورد. مدل های تشخیصی مبتنی بر AE پشته ای قادرند به طور خودکار اطلاعات سلامت را از داده های برچسب دار ورودی، که به دانش تخصصی زیادی در استخراج ویژگی متکی نیستند، نشان دهند. به عنوان یک روش یادگیری بدون نظارت، AE پشته ای را نمی توان مستقیماً برای شناخت وضعیت سلامتی ماشین ها استفاده کرد. بنابراین، یک لایه طبقه بندی معمولاً در بالای معماری مدل اضافه می شود و مدل های تشخیصی ساخته شده باید با نمونه های دارای برچسب کافی آموزش داده شوند. برخلاف AE پشته ای، مدل های تشخیصی مبتنی بر DBN می توانند به طور خودکار ویژگی ها را از داده های ورودی با استفاده از پیش آموزش مجموعه ای از RBM های پشت سرهم یاد بگیرد که مشکل از بین رفتن شیب در استفاده از الگوریتم BP برای تنظیم مجدد شبکه های لایه عمیق را حل می کند. به منظور شناسایی وضعیت سلامت ماشین ها، DBN با افزودن لایه طبقه بندی، ویژگی های آموخته شده را در فضای برچسب ترسیم می کند. استفاده از داده های دارای برچسب کافی، برای آموزش مدل های تشخیص ساخته شده لازم است تا نتایج تشخیص متقاعد کننده بدست آید. به منظور بهبود عملکرد تشخیص، محققان بیشتر الگوریتم بهینه سازی برای مدل های مبتنی بر DBN را بررسی کردند. در مقایسه با AE پشته ای و DBN، مدل های تشخیصی مبتنی بر CNN قادر به یادگیری مستقیم ویژگی ها از داده های برچسب دار خام بدون پیش پردازش مانند تغییر در دامنه فرکانس هستند زیرا CNN قادر است

ویژگی های تغییرپذیری داده ورودی را بدست آورد. علاوه بر این، تعداد پارامترهای آموزش در مدل های تشخیصی با تقسیم وزن کاهش می یابد، که میتواند همگرایی را تسریع کند و بیش برازش را مهار کند. مشابه سایر مدلهای مبتنی بر یادگیری عمیق ،عملکرد تشخیص مدل های تشخیصی مبتنی بر CNN منوط به آموزش با نمونه های دارای برچسب کافی است.

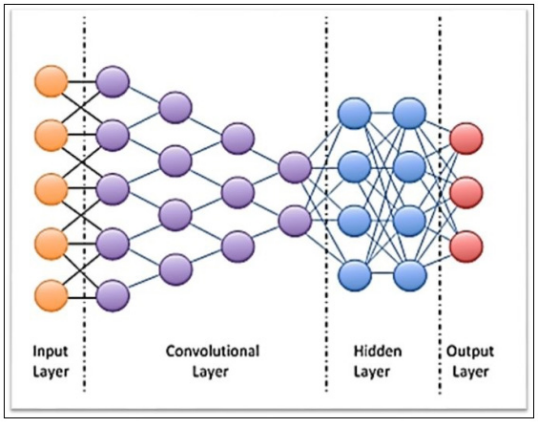
در این مقاله با توجه به مزایای یادگیری عمیق، از آن برای تشخیص عیب یاتاقان استفاده شده است. در بین روش های مختلف یادگیری عمیق، AE پشته ای را نمیتوان مستقیماً برای شناخت وضعیت سلامتی ماشین ها استفاده کرد و همچنین روش DBN قادر به بررسی مستقیم ویژگیها از داده های برچسب دار خام بدون پیش پردازش نیست لذا از شبکه عمیق پیچشی استفاده شده است که علاوه بر یادگیری مستقیم ویژگی ها، تعداد پارامترهای آموزش در مدل های تشخیصی نیزکاهش می‌یابد، از این رو میتواند همگرایی را تسریع کند و بیش برازش را مهار کند.

۲- یادگیری عمیق

با توسعه سریع فناوری های اینترنتی و اینترنت اشیا، حجم داده های جمع آوری شده به طور چشم گیری بیش از قبل شده است. داده هایی که به طور فزایندها ی رشد می کنند، اطلاعات کافی بیشتری را برای تشخیص عیب دستگاه به ارمغان می آورند، بنابراین ارائه نتایج دقیق تشخیص امکان پذیر است. متأسفانه، تشخیص عیب مبتنی بر نظریه های سنتی یادگیری ماشین در گذشته برای چنین سناریوهای کلان داده مناسب نیست. لذا توسعه برخی از روشه ای پیشرفته تشخیص هوشمند عیب ضروری است.یادگیری عمیق، ناشی از تحقیقات شبکه های عصبی، از معماری های سلسله مراتبی عمیق استفاده می کند تا ویژگی های انتزاعی را به طور خودکار نشان دهد، و بیشتر رابطه بین ویژگی های آموخته شده و خروجی هدف را مستقیماً برقرار می کند. روش تشخیص مبتنی بر یادگیری عمیق شامل دو مرحله است: جمع آوری داده های بزرگ و تشخیص مبتنی بر یادگیری عمیق. مدل های تشخیص مبتنی بر یادگیری عمیق به طور خودکار ویژگی ها را از داده های نظارت ورودی یاد می گیرند و همزمان شرایط سالم بودن ماشین ها را با توجه به ویژگی های آموخته شده تشخیص می دهند. آنها بیشتر شامل لایه های استخراج ویژگی و لایه طبقه بندی هستند. بعلاوه، لایه خروجی پس از آخرین لایه استخراج، معمولا با یک کلاس بر پایه ANN به دلیل قابلیت بالای آن در طبقه بندی، برای شناسایی وضعیت سلامت قرار میگیرد. در میان شبکه های یادگیری با توجه به قابلیت یادگیری مستقیم ویژگی ها از داده های نظارت خام بدون پیش پردازش از شبکه عصبی پیچشی بهره گرفته شده است.

۲-۱- شبکه عصبی پیچشی

شبکه عصبی کانولوشن که به CNN نیز معروف است، یک روش یادگیری عمیق شامل چندین لایه روی هم می باشد. شبکه با بدست آوردن وزن های مربوط به هر لایه به عملکرد و کارایی بهتر مدل دست پیدا می کند. معماری عمیق این شبکه کمک می کند تا از ویژگی های مختلف و پیچیده ای که توسط شبکه عصبی ساده نمی توان یاد گرفت، دست یابد. از شبکه های کانولوشن در بسیاری از موضوعات مختلفی نظیر رباتیک، مباحث پزشکی و صنعتی همچون صنایع نفت و گاز استفاده می شود. به طور کلی میتوان مفهوم اصلی CNN را بدست آوردن ویژگی ها از ورودی در لایه های بالاتر و ترکیب آنها با ویژگی های پیچیده تر لایه های پایینتر در نظر گرفت. معماری شبکه عصبی کانولوشن از لایه ها و توابع مختلفی تشکیل شده است. شکل 1ساختار CNN را نشان می‌دهد.

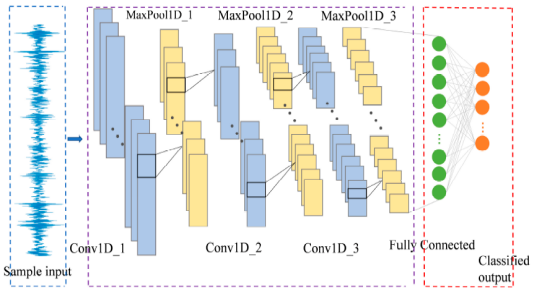


شکل ۱. ساختار شبکه عصبی کانولوشنی

با توجه به معماری CNN ، می توان این شبکه ها را به دو نوع مدل های تشخیص مبتنی بر CNN دوبعدی و مدل های تشخیص مبتنی بر CNN یک بعدی تقسیم کرد. در واقع CNN دوبعدی به عنوان حالت استاندارد برای شناسایی تصویر عمل می کند که در آن تصاویر ورودی داده های دوبعدی هستند. با این حال، برای تشخیص عیب در ماشین ها، CNN 2D قادر به مدیریت سیگنال های تک بعدی، مانند داده های جریان و ولتاژ نیست. از این رو از CNN یک بعدی برای بررسی سیگنال های یک بعدی استفاده می شود. به طور کلی در شبکه های CNN یک بعدی می توان گفت که از دو نوع لایه کلی استفاده می شود. اولین لایه، لایه های CNN یک بعدی هستند که در این لایه ها هم عمل کانوال و هم عمل نمونه برداری صورت می گیرد. دومین لایه، لایه کاملا متصل است که در جهت طبقه بندی دسته های موجود در داده ها عمل میکند. در ادامه برای درک بهتر این شبکه به پیکربندی شبکه CNN یک بعدی پرداخته شده است [۷]

۱. لایه های CNN
۲. اندازه فیلتر در هر لایه CNN
۳. اندازه نمونه برداری در هر لایه CNN
۴. انتخاب درست تنظیم کننده و فعال ساز در هر لایه CNN

تفاوت واضحی که بین CNN دوبعدی و یک بعدی وجود دارد این است که، نمونه برداری و ویژگی های داده ها در یک بعدی به صورت آرایه و در دو بعدی به صورت ماتریس می باشند. در لایه های CNN یک بعدی داده های خام پردازش می شوند و ویژگی های داده ها استخراج و طبقه بندی می شوند. مزیت اصلی CNN یک بعدی می تواند پیچیدگی محاسبات کمتر نسبت به سایر روش ها باشد[۷] CNN های یک بعدی می توانند به صورت مستقیم روی داده های خام اعمال شوند و نیازی به پردازش داده همچون استخراج ویژگی، انتخاب ویژگی، کاهش ابعاد و حتی از بین بردن نویز داده ها قبل از ورود به شبکه نیست[۷].



شکل۲. نمایش ساختار شبکه CNN یک بعدی[۷]

در مقایسه با AE پشته ای و DBN، مدلهای تشخیصی مبتنی بر CNN قادر به یادگیری مستقیم ویژگی ها از داده های نظارت خام بدون پیش پردازش مانند تغییر در دامنه فرکانس هستند زیرا CNN قادر است ویژگی های تغییرپذیری داده ورودی را بدست آورد. علاوه بر این، تعداد پارامترهای آموزش در مدل های تشخیصی با تقسیم وزن کاهش می یابد، که می تواند همگرایی را تسریع کند و بیش برازش را مهار کند.

۳- سیستم آزمایشگاهی

سیستم آزمایشگاهی مورد بررسی در این مقاله یک موتور القایی با یک پمپ گریز از مرکز است که به عنوان بار به آن کوپل شده است. این پمپ انرژی تولید شده توسط موتور القایی را به انرژی هیدرولیکی تبدیل می کند. پمپ گریز از مرکز یک پمپ طبقاتی افقی است که اطلاعات آن در جدول 1 آمده است [۸].

جدول۱. مشخصات پمپ گریز از مرکز

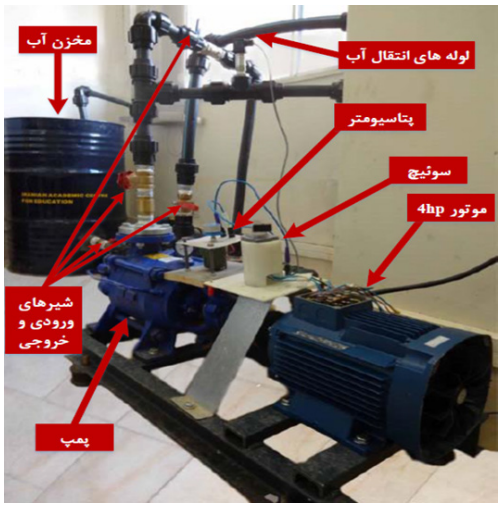
نوع	WKL 3/32
توان (KW)	۴
جهت چرخش	**راستگرد**
سرعت (RPM)	**۲۸۸۰**
حداکثر هد (m)	**۷۵**
نوع	WKL 3/32
توان (KW)	۴
جهت چرخش	**راستگرد**
سرعت (RPM)	**۲۸۸۰**
حداکثر هد (m)	**۷۵**

مشخصات موتور القایی متناسب با پمپ گریز از مرکز در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. مشخصات موتور القایی

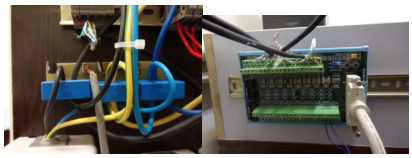
نوع	۲L ۱۰۰
توان(hp)	۴
ولتاژ(V)	۳۸۰/۲۲۰
جریان(A)	۳/۱۱ – ۵/۶
سرعت(RPM)	۲۸۸۰
فرکانس(HZ)	۵۰
ضریب توان	۸۷/۵
تعداد قطبها	۲
تعداد حلقه های سیم پیچی در هر فاز	۴۳

سیستم آزمایشگاهی الکتروپمپ در شکل ۳ نشان داده شده است. عملکرد این سیستم بدین صورت است که موتور القایی پمپ گریز از مرکز را به حرکت در آورده و سیال از مخزن توسط پمپ مکش شده و سپس سیال از طریق لوله ها، به مخزن باز می گردد. سیال مورد استفاده در این سیستم آب است[۸].



شکل ۳. سیستم موتورالقایی الکتروپمپ [۹]

در این سیستم برای جمع آوری دادهها بدین صورت است که از سنسور P/SPI LA-۵۵ و LV 25-P به منظور اندازه گیری جریان و ولتاژ موتور القایی استفاده شده است که در شکل ۴ نشان داده شده است. داده های نمونه برداری شده از طریق کارت داده ADVANTECH PC-1711 به رایانه منتقل شده است. داده گیری توسط نرم افزار Labview در مدت زمان ۱۰ ثانیه و با ماکزیمم فرکانس دادهگیری ۱KHZ انجام شده که طی آن ۱۰۰۰۰ داده جمع آوری شده است. [۹]

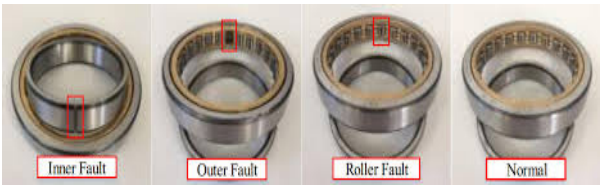


(آ) سنسور جریان (ب) کارت داده

(پ) سنسور ولتاژ

شکل ۴. تجهیزات جمع آوری داده[۹]

از آنجایی که بیشترین درصد وقوع عیب در بین عیوب مکانیکی موتور القایی مربوط به عیب یاتاقان است. این بخش از موتور حتی در شرایط عملکرد خوب موتور نیز ممکن است دچار عیبهای ناشی از فرسودگی شود. عوامل زیادی در بروز این عیب موثر هستند. از جمله عوامل داخلی میتوان به ارتعاش و عدم تقارن بار نسبت به مرکز و از جمله عوامل بیرونی مثل آلودگی و خوردگی ناشی از عملکرد سنبادهای ذرات سخت و اسید اشاره کرد برخی از عیوب سیم پیچی استاتور در شکل ۵ نشان داده شده است[۱].



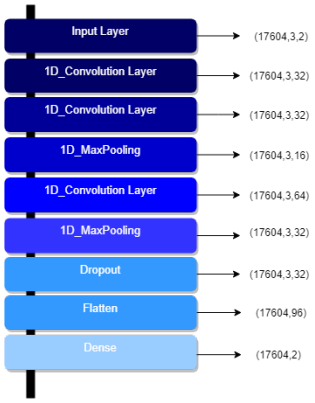
شکل ۵. یاتاقان در حالت سالم و معیوب[۱]

برای ایجاد عیب یاتاقان، ابتدا یکی از یاتاقان های موتور القایی از روتور جدا شده و سپس بر روی حلقهی بیرونی آن مطابق شکل ۶ سوراخ کوچکی ایجاد گردید. این عیب از نوع عیب حلقه بیرونی یاتاقان است.

شکل۶. یاتاقان موتور القایی قبل و بعد از معیوب شدن[۸]

۴- نتایج

تعداد داده‌های ورودی ۲۲۰۰۰ نقطه می‌باشد که بعد از نرمال کردن داده‌های نمونه برداری شده از سیگنال های سه فاز جریان و ولتاژ ، داده ها به شبکه CNN یک بعدی به عنوان ورودی اعمال شده است. ساختار شبکه عصبی پیچشی پیشنهادی در این مقاله شامل سه لایه کانولوشنی، دولایه Maxpooling، Dropout برای مهار بیش برازش شبکه عصبی عمیق، Flatten و شبکه عصبی کاملا متصل است که در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل۷. ساختار شکبه عصبی پیچشی یک بعدی پیشنهادی

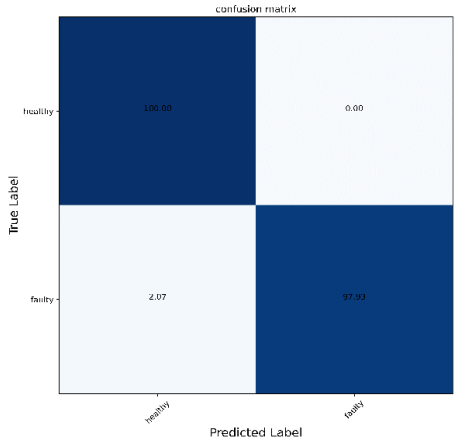
ساختار پیشنهادی در این مقاله برای تشخیص وضعیت سالم موتور و عیب یاتاقان با تنظیم تابع فعال ساز، نرخ یادگیری و تعداد لایه ها در بهترین حالت به ٪۹۸/۹۸ دقت در تشخیص وضعیت سیستم رسیده است. همچنین مقدار تابع هزینه ۰.۰۰۳ بوده که عملکرد مناسب شبکه CNN پیشنهادی را به خوبی نشان میدهد. در جدول ۳ مشخصات الگوریتم نشان داده شده است.

جدول۳. مشخصات الگوریتم پیشنهادی

ویژگی‌های الگوریتم آموزش			
نرخ آموزش	۰.۰۰۰۱	مقدار تابع هزینه	۰.۰۰۳
دفعات دوره آموزش	۱۵۰	نقاط در هر داده	۵۵۰
تعداد دسته	۳۲	ضریب پراکندگی	۰.۰۲
تابع فعالساز	Relu		
دقت تشخیص (درصد)	۹۸/۹۸		

در جدول ۴، ماتریس درهم آمیختگی شبکه عصبی پیچشی پیشنهادی نشان داده شده است که وضعیت سالم کاملا و همچنین وضعیت معیوب با قابلیت اطمینان بالایی تشخیص داده شده است.

جدول۴. ماتریس درهم آمیختگی شبکه عصبی پیچشی



۵- نتیجه گیری

در این مقاله تشخیص عیب متداول موتورالقایی با استفاده از شبکه عصبی عمیق مورد بررسی قرار گرفت. شبکه عصبی پیچشی یک بعدی در تشخیص وضعیت های موتورالقایی قابلیت اطمینان ۹۸/۹۸ درصد را از خود نشان داد. با وجود عملکرد مطلوب شبکه عصبی پیشنهادی در این مقاله در تشخیص‌عیب، یکی از چالش های وارد به این روش، ناتوانی محققین در توضیح عملکرد این مدل ها است. با این وجود، عملکرد شبکه CNN یک بعدی را میتوان با داده های پیش پردازش شده حوزه فرکانس و زمان- فرکانس مورد بررسی قرار داد. همچنین با تبدیل داده های سیگنال به تصویر عملکرد

شـبکه پیچشـی دو بعـدی را میتـوان مـورد ارزیابـی قـرار داد.

۶- مراجع

[1] S. Jorkesh, J. Poshtan, and M. Poshtan, “Fault Diagnosis and Isolation of an Electro-Pump using Neural Data Fusion,” 2019 IEEE Energy Convers. Congr. Expo., pp. 3912–3916, 2019.

[2] Lei, Yaguo, Bin Yang, Xinwei Jiang, Feng Jia, Naipeng Li, and Asoke K. Nandi. “Applications of machine learning to machine fault diagnosis: A review and roadmap.” Mechanical Systems and Signal Processing 138 (2020)

[3] S. Ebersbach and Z. Peng, “Expert system development for vibration analysis in machine condition monitoring,” vol. 34, pp. 291–299, 2008.

[4] D. Neupane and J. Seok, “Bearing Fault Detection and Diagnosis Using Case Western Reserve University Dataset With Deep Learning Approaches : A Review,” pp. 93155–93178, 2020.

[5] A. Hajnayeb and S. E. Khadem, “Design and implementation of an automatic condition-monitoring expert system for ball-bearing fault detection them , simultaneously : error root mean square in an epoch falls to less than a,” vol. 2, pp. 93–100, 2008.

[6] F. Jia, Y. Lei, J. Lin, X. Zhou, and N. Lu, “Deep neural networks : A promising tool for fault characteristic mining and intelligent diagnosis of rotating machinery with massive data,” 2015.

[7] S. Kiranyaz, T. Ince, O. Abdeljaber, O. Avci, and M. Gabbouj, “1-D Convolutional Neural Networks for Signal Processing Applications,” pp. 8360–8364, 2019.

[8] S. Jorkesh and J. Poshtan, “Fault diagnosis of an induction motor using data fusion based on,” no. April 2020, pp. 2–10, 2021.

[9] H. Jafari and J. Poshtan, “Fault isolation and diagnosis of induction motor based on multi-sensor data fusion,” 6th Annu. Int. Power Electron. Drive Syst. Technol. Conf. PEDSTC 2015.

۷- معرفی افراد

سکینه پاشائی

متولـد سـال ۱۳۷۳ تبریـز، در سـال ۱۳۹۵مـدرک کارشناسـی خـود را در رشـته مهندسـی بـرق گرایـش کنتـرل از دانشـگاه صنعتـی سـهند تبریـز اخـذ نمـود و هـم اکنـون دانشـجوی کارشناسـی ارشـد مهندسـی بـرق دانشـگاه تربیـت مـدرس تهـران اسـت. از علاقـه مندیهـای وی میتـوان بـه کنتـرل هوشـمند، تشـخیص و جداسـازی عیـب و هـوش مصنوعـی اشـاره نمـود. هـم چنیـن عضویـت دانشـجویی IEEE از سـال ۱۳۹۸، عضویـت در انجمـن علمـی مهندسـی بـرق و کامپیوتـری دانشـگاه تربیـت مـدرس از سـال ۱۳۹۸، عضویـت در تیـم اجرایـی نشـریه برقـکام در چـاپ اول و دبیـر انجمـن علمـی مهندسـی بـرق و کامپیوتـر دانشـگاه تربیت مـدرس از سـال ۱۴۰۰ از جملـه فعالیـت هـای اجرایـی او بـه شـمار مـی آینـد.

دکتر امین رمضانی

در سـال ۱۳۵۸در خوزسـتان، ایـران، متولـد شـد. ایشـان مـدرک کارشناسـی مهندسـی بـرق از دانشـگاه شـهید بهشـتی تهـران سـال ۱۳۸۰، و مـدرک کارشناسـی ارشـد سیسـتم هـای کنتـرل دانشـگاه صنعتـی شـریف، تهـران، سـال ۱۳۸۳ و دکتـرای تخصصـی رشـته مهندسـی بـرق از دانشـگاه تهـران، تهـران، ایـران در سـال ۱۳۹۰ اخـذ کـرده انـد. از سـال ۲۰۱۲، بـه عنـوان اسـتادیار، بـه گـروه کنتـرل و اتوماسـیون ابـزار دقیق دانشـکده مهندسـی بـرق، دانشـگاه تربیـت مـدرس، تهـران، ایران پیوسـته انـد. ایشـان بـه عنـوان عضـو کمیتـه علمـی در چندیـن کنفرانـس داخلـی و خارجـی و سـردبیر و داور مجـلات بیـن المللـی در زمینـه سیسـتم هـای کنتـرل همـکاری مـی کنـد. زمینـه هـای پژوهشـی فعلـی او شـامل سیسـتم هـای کنتـرل تحمـل پذیـر عیـب، سیسـتم هـای کنتـرل پیـش

بینی مبتنی بر مدل، سیستم های کنترل تصادفی، سیستم های هیبریدی و کاربرد کنترل پیشرفته در سیستمهای قدرت است. دکتر رمضانی عضو IEEE از سال ۲۰۰۵ و عضو مهندسین ابزار و کنترل جامعه ایرانی از سال ۲۰۱۲ است.

سعید جورکش

متولد ۱۳۷۳ خوی، در سال ۱۳۹۵ مدرک کارشناسی مهندسی برق کنترل را از دانشگاه صنعتی سهند اخذ نموده و فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی برق کنترل دانشگاه علم و صنعت ایران است. وی علاقه مند و فعال در حوزه هوش مصنوعی، یادگیری عمیق در تشخیص و جداسازی عیب می باشد.

تشخیص و طبقه‌بندی انواع نشت خطوط لوله نفت توسط شبکه عصبی Conv1D

مینا عکرش [۱]، امین رمضانی [۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، عضو دانشجویی، IEEE ,minsekresh@modares.ac.ir
۲- استادیار، هیئت علمی مهندسی کنترل دانشگاه تربیت مدرس، تهران، عضو رسمی ramezani@modares.ac.ir,IEEE

چکیده

دراین مقاله روشی مبتنی بر داده برای تشخیص موقعیت و اندازه نشت خطوط لوله انتقال نفت ارائه شده است. برای این کار از داده‌های واقعی ۲۰ کیلومتری اول خطوط لوله انتقال نفت گلخاری-بینک واقع در جنوب ایران به عنوان ورودی شبیه‌ساز الگا استفاده شده و به کمک شبیه‌ساز اطلاعات کامل جریان و فشار سیال عبوری از خط لوله را در حالات مختلف نشتی و حالت سالم خط لوله بدست آمده است. برای بهبود عملکرد تشخیص نشت و بدست آوردن دقت قابل قبول برای داده‌های آزمایشی، اطلاعات فشار و جریان را به صورت همزمان به عنوان ورودی به شبکه عصبی پیچشی یک بعدی اعمال شده است. نتایج شبیه‌سازی روش پیشنهادی نشان می‌دهد که شبکه با دقت حدودا ۹۳ درصد توانسته موقعیت و اندازه نشت را تشخیص دهد.

کلیدواژگان : تشخیص نشت، خطوط لوله انتقال نفت، شبیه‌ساز OLGA، شبکه عصبی پیچشی

Abstract

This paper presents a data-based method for detecting the location and size of oil pipeline leaks. For this purpose, the real data of the first 20 km of Golkhari-Bink oil pipelines located in the south of Iran are used as the input of the Olga simulator and with the help of the simulator, complete flow and pressure information of the fluid passing through the pipeline in different leakage and safe condition The tube is obtained. To improve the leak detection performance and obtain acceptable accuracy for the experimental data, pressure and flow information is applied simultaneously as input to the one-dimensional convolution neural network. The simulation results of the proposed method show that the network was able to detect the location and size of the leak with approximately 93% accuracy.

keywords : Leak detection, oil pipelines, OLGA simulator, convolution neural network

۱- مقدمه

امروزه با توجه به افزایش روزافزون استفاده از منابع نفت و گاز در صنایع و مصارف خانگی و وجود هزاران کیلومتر خطوط لوله در سرتاسر جهان، مسئله انتقال گاز و نگهداری از خطوط انتقال نفت و گاز به یکی از چالش‌های بشر تبدیل شده است. شبکه‌های خطوط لوله، سازه‌های پیچیده‌ای هستند که توسط اجزایی مانند قطعات لوله، کمپرسور، شیر و غیره برای انتقال سیال بین محل تولید و محل توزیع به کار می‌روند. از آنجایی که ۶۰ درصد انرژی در جهان از منابع نفت و گاز است، اقتصادی‌ترین روش برای انتقال، از طریق خطوط لوله می‌باشد. بعضی ازخطوط لوله هزاران کیلومتر گسترده می‌شوند و ممکن است از نزدیکی مناطق حساسی مانند مناطق شهری عبور می‌کنند. همچنین سیال منتقل شده ممکن است قابل اشتعال و یا سمی باشد، بنابراین پدیده وقوع نشتی بسیار حائز اهمیت می‌باشد و نشتی کنترل نشده خطراتی را برای زندگی انسان، اقتصاد و طبیعت به دنبال خواهد داشت. در حال حاضر، خطوط لوله حمل و نقل در سراسر جهان۱/۹ میلیون کیلومتر وجود دارد. در بسیاری از موارد، به دلیل طولانی بودن خطوط و مشکلات رفع نواقص لوله از راه دور، ممکن است که دسترسی فیزیکی محدود باشد[۱].

نشت و خوردگی خط لوله نفت و گاز برای محیط‌زیست و انسان بسیار خطرناک است. در حقیقت نشت نفت و گاز در محیط به واسطه خوردگی و بریدگی خط لوله اتفاق می‌افتند، البته بسته به شرایط محیطی که خط لوله کار می‌کند، نشت گاز می‌تواند باعث انفجارهای شدید شود. از این رو طراحی مدل‌های پیش‌بینی حضور خوردگی و نشت به منظور بهبود پیشگیری و کنترل بسیار مهم است [۲].

در سال‌های اخیر، به دلیل گسترش در دسترس بودن داده‌ها به طور مداوم، تکنیک‌های یادگیری ماشین[1] در بسیاری از کاربردهای مختلف به صورت استاندارد در حال پیشرفت هستند. بهره‌برداری صحیح از الگوریتم‌ها در زمینه خوردگی و نشت خط لوله راه را برای پیشرفت عظیم در پیشگیری و کنترل این مشکل خطرناک هموار می‌کند. متأسفانه، زیرساخت‌های خط لوله دارای حسگرهای دینامیکی سیال نیستند، به همین دلیل اطلاعات مربوطه خطوط لوله بدون استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز در دسترس نیستند که این مسئله مشکل اعتبارسنجی و یکپارچه‌سازی اطلاعات شبیه‌سازی شده با اندازه‌گیری واقعی را ایجاد می‌کند. بنابراین، در این مقاله، ما نشان خواهیم داد که چگونه می‌توانیم این دو منبع مختلف داده را با هم ادغام کنیم تا یک مجموعه داده غنی و توصیفی به نمایندگی از پدیده نشت و خوردگی در یک زیرساخت خط لوله ایجاد کنیم[۳].

سپس ما از طریق تجزیه و تحلیل همبستگی داده‌ها، روابط بین متغیرهای موجود در مجموعه داده را برای بررسی کیفیت روش ادغام داده‌های شبیه‌ساز و واقعی تجزیه و تحلیل خواهیم کرد. سرانجام ، ما از طریق روش انتخاب ویژگی به دنبال برخی از ویژگی‌های مورد به پدیده نشت و خوردگی خط لوله خواهیم بود که به ما امکان بررسی برخی از ویژگی‌های مجموعه در خط لوله را می‌دهد..

ساخت یک مجموعه داده با هدف تشخیص یک پدیده خاص مانند نشت یک کار دشوار است، به ویژه هنگامی که نتوان مستقیماً همه متغیرهای تأثیرگذار بر پدیده نشت و خوردگی اندازه گیری شود. با این حال، حتی اگر اندازه‌گیری مستقیم متغیرهای دینامیکی سیال که گاهی اوقات روی پدیده نشت تأثیر گذار است، موجود نباشد یک نرم‌افزار شبیه‌ساز مانند الگا برای آن متغیرها قابل دسترسی است. از این رو، مسئله در این کار این است که لازم است تا درک کنیم که چگونه مرحله ادغام داده‌ها باید توسط فیزیک پدیده هدایت شود تا یک اطلاعات قابل اطمینان را تضمین کند. هنگامی که مجموعه داده‌ها به درستی ادغام شدند و برای آماده‌سازی اطلاعات جهت تجزیه و تحلیل خصوصیات و ویژگی‌های آن‌ها پرداخته شده است[۳].

یکی از روش‌های تشخیص نشت از طریق آنالیز سیگنال‌های صوتی در حوزه زمان یا دامنه فرکانس می‌باشد. در سال ۲۰۲۰[۴] روش تشخیص نشت برای لوله‌های فولادی گالوانیزه بر اساس انتشار صوتی *AE* و شبکه عصبی ارائه شده است. طبق این مقاله، در

1 Machine Lerning

محیط آزمایشگاه یک لوله اصلی به همراه سه لوله شاخه‌ای با قطرهای مختلف برای شناسایی انواع نشت تنظیم شده‌اند. پس از استخراج ویژگی و تحلیل سیگنال‌های مورد استفاده، یک طبقه‌بندی براساس شبکه عصبی برای شناسایی نشت گاز ساخته شده است. طبقه‌بندی‌های صورت گرفته بر اساس قطرهای مختلف لوله، تعداد اتصالات و میزان نشت انجام شده است. با توجه به دقت و صحت نتایج بدست آمده، می‌توان گفت که این روش، روش مناسبی برای تشخیص نشت در لوله‌های فولادی گالوانیزه می‌باشد. در کار بعدی که در [۵] که سال ۲۰۲۰ منتشر گردیده است، یک معماری شبکه عصبی معروف به شبکه عصبی کانولوشن، برای طبقه‌بندی نشت خط لوله و تخمین مکان آن مورد استفاده قرار گرفته است. در این مقاله داده‌های ورودی شبکه کانولوشنی، داده‌های تقویت شده‌ی پنج حسگر صوتی می‌باشد که از طریق مبدل آنالوگ به دیجیتال به رایانه جهت آموزش شبکه داده شده است. نتایج بدست آمده، نشان می‌دهد که شبکه پیشنهادی می‌تواند داده‌های صوتی را با دقت مناسب برای طبقه‌بندی نوع نشت و تخمین مکان نشت مورد استفاده قرار دهد. البته قابل ذکر است که روش انتشار صوتی برای تشخیص نشتی لوله‌ها، برای لوله‌های با قطر کم خوب عمل می‌کند ولی برای لوله‌هایی با ابعاد بزرگتر که در صنعت بیشتر از این نوع لوله‌ها استفاده می‌کنند، نتیجه مطلوبی ندارند. لذا برای تشخیص نشتی لوله‌ها از پارامترهای دیگری مانند جریان و فشار می‌توان استفاده کرد.

در ادامه به بررسی چندین مقاله علمی در زمینه تشخیص نشت با استفاده از اطلاعات فشار و جریان خط لوله بررسی شده است.

زادکرمی و همکارانش[۶] در سال ۲۰۱۶ از نرم افزار الگا برای بدست آوردن فشار ورودی خط لوله و میزان جریان خروجی به عنوان داده های آموزشی برای سیستم تشخیص و جداسازی خطا استفاده کرده‌اند. سیستم FDI از یک طبقه‌بندی چند لایه شبکه عصبی پرسپترون[۲] با روش‌های مختلف استخراج ویژگی از جمله تکنیک‌های آماری، تبدیل موجک و تلفیق هر دو روش تشکیل شده است. پس از بررسی الگوریتم‌های مختلف نشتی و انجام روش‌های پیش پردازش، سیستم FDI پیشنهادی برای یک خط لوله ۲۰ کیلومتری در جنوب ایران شده است که با مقایسه نتایج بدست آمده روش MLPNN دقت دقیق‌تری (۹۲ درصد) نسبت به دیگر روش‌ها دارد.

سپس در سال ۲۰۱۷ زادکرمی[۷] روشی برای بهبود عملکرد تشخیص نشت و موقعیت نشت ارائه داده است. در این کار دو طبقه‌بند MLPNN استفاده شده است که خطای نشت را تشخیص می‌دهند به نحوی به طور جداگانه با ویژگی‌های حوزه آماری و موجک استخراج شده از جریان خروجی سیگنال‌های فشار ورودی تغذیه می شوند. در ادامه خروجی این دوطبقه‌بند با تکنیک Dempster-Shafer (D-S) ادغام شده‌اند. نتایج شبیه‌سازی انجام شده، میزان طبقه بندی صحیح[۳] برای شناسایی محل نشتی حدود ۹۵٪ می‌باشد.

زادکرمی و همکارانش در ادامه در سال ۲۰۲۰ [۸] برای بهبود عملکرد روش تشخیص نشت، از تحلیل عاملی (FA) برای کاهش ابعاد استفاده کرده است، سپس ویژگی‌های بهینه سیگنال‌های فشار و جریان به عنوان بردارهای ورودی به یک طبقه‌بندی کننده شبکه عصبی عمیق (DNN) داده شده است. در این مقاله دقت جداسازی نشت با برخی از کارهای مرتبط مقایسه شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی با میانگین طبقه بندی صحیح (CCR) حدود ۹۸ درصد از نسبت به کارهای پیشین به طور قابل توجهی پیشی گرفته است.

زنگ زونگبا[۴] و همکارانش[۹] در سال ۲۰۱۹ بر روی داده‌های پتروشیمی که داده‌های نویزی، با ابعاد بالا، غیرمتعادل و غیرهمبسته می‌باشند، کار کرده‌اند. با توجه به ویژگی‌های داده‌ها، یک مدل طبقه‌بندی مبتنی بر شبکه عصبی جدید با استفاده از GAN و LSTM را برای پیش‌بینی نشت خطوط لوله پیشنهاد کردند. در ابتدا یک مرحله برای رفع مشکلات نویز و ابعاد بالا اعمال شده است و سپس افزایش داده‌ها را با روش مبتنی بر GAN برای ترکیب داده‌های معیوب جهت رفع مشکل عدم تعادل

2 MLPNN

3 CCR

4 Zhang, Zhongbao

و در نهایت برای حل مشکل غیرهمبستگی داده‌ها با استفاده از روش طبقه‌بندی مبتنی بر LSTM، وضعیت خطوط لوله را پیش‌بینی کرده و نشت و محل آن را تشخیص می‌دهند.

در سال ۲۰۱۹ [۱۰] مطالعه‌ای بر روی نشت و خوردگی لوله‌هایی که در خاک دفن شدند صورت گرفته است. مطالعه‌ای جامع در مورد یک مدل جدید برای پیش‌بینی تشخیص خوردگی و نشت خطوط لوله انجام شده است. در این کار با اندازه‌گیری فشار و جریان در لوله‌های فولادی و استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به تشخیص نشتی و عیب پرداخته شده است.

در سال ۲۰۲۰ برای کنترل و کاهش آسیب‌های محیط‌زیست ناشی از وقوع نشت، سیائوجی[۵] و همکارانش[۱۱] به طبقه‌بندی و دسته‌بندی دقیق نشت خطوط لوله و روش‌های تخمین شدت و موقعیت آن‌ها پرداختند. برای این کار از تجزیه و تحلیل فرکانس‌های سیگنال‌های بدست آمده از حسگرهای نصب شده روی خطوط استفاده شده است. برای دقت و سرعت عمل در طبقه‌بندی، شبکه عصبی پیشنهاد شده است که از داده‌های خام بجای اطلاعات از پیش تعیین شده استفاده کرده است. تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که طبقه‌بندی و تخمین مکان و شدت نشت با دقت مناسب انجام شده است.

در سال ۲۰۲۰ جسیکا[۶] و همکارانش [۱۲] با استفاده از روش‌های جدید از شبکه عصبی مصنوعی در ابتدا به پیش‌بینی مکان و ویژگی‌های محل اتصال به عنوان شناسایی توپولوژی خط لوله و به دنبال آن شناسایی محل و اندازه نشت‌های موجود پرداخته‌اند. نتایج این کار بیانگر این موضوع است که می‌توان برای تشخیص نشت و محل آن از ترکیب دو روش اندازه‌گیری فشار سیال درون لوله و روش‌های شبکه عصبی بهره برد.

در مقاله [۱۳] بعدی روشی برای شناسایی و تعیین محل نشت در خطوط لوله با استفاده از الگوریتم‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی[۷] و اندازه‌گیری آنلاین میزان فشار و جریان ارائه می‌دهد. بر خلاف کارهای گزارش شده در مقالات پیشین، روش تخمین ضریب اصطکاک لوله پیشنهاد شده و از این اطلاعات به عنوان ورودی برای محاسبه موقعیت نشت استفاده شده است. داده‌های تولید شده از یک شبیه‌ساز عددی معتبر برای غنی‌سازی مجموعه آموزش داده‌ها برای شبکه ANN استفاده شده است. بدیهی است که پارامترها در مدل‌های ریاضی قطعی ایده‌آل در نظر گرفته می شوند، با این حال در کارهای واقعی، عدم قطعیت پارامتری وجود دارد و برخی از پارامترها با توجه به زمان مانند فاکتور اصطکاک متفاوت هستند. علاوه بر این، داده‌های به دست آمده از طریق اندازه‌گیری‌های تجربی حاوی نویز هستند. کار مهم در این مقاله، طراحی یک شبکه عصبی دو مرحله‌ای می‌باشد که موقعیت نشتی را در یک لوله تشخیص داده و تخمین می‌زند، بطوری‌که در مرحله اول فاکتور اصطکاک را با استفاده از جریان‌های ورودی و خروجی محاسبه می‌کند. سپس در مرحله دوم، از این اطلاعات برای دستیابی به فشارهای ورودی و خروجی برای تعیین موقعیت نشت استفاده می‌کند. سناریوهای مختلف نشت برای توصیف تلفات فشار و اختلاف آنها در بخش‌های مختلف خط لوله در نظر گرفته شد. در پایان، الگوریتم به صورت آزمایشی در یک محیط عملی آزمایش شده است. نتایج بدست آمده، عملکرد خوب و کاربرد روش پیشنهادی را نشان داده است.

مقاله[۱۴] به روش‌های موجود جهت تشخیص نشت نیاز به پیشرفت‌هایی برای تشخیص نشت‌های کوچک (کمتر از ده درصد) خطوط لوله گاز در شرایط گذرا پرداخته است. سیگنال‌های فشار و جریان در ورودی خط لوله برای تخمین میزان جریان در خروجی در شرایط بدون نشت با استفاده از مدل Hammerstein[۸] استفاده شده است. این سیگنال‌ها بیشتر برای جداسازی نشت از شرایط عادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بر خلاف کارهای گذشته، این کار با موفقیت نشت را تحت شرایط گذرا در یک خط لوله ۸۰ کیلومتری تشخیص داده است. در این کار، نشت در نقاط مختلف خط لوله (۱۰ کیلومتر ، ۴۵ کیلومتر و ۷۰ کیلومتر) با FAR صفر درصد با موفقیت شناسایی شد. افزایش درصد نویز (تا ۵/۰درصد) در داده‌ها منجر به افزایش زمان تشخیص نشت می‌شود، درحالی‌که عملکرد مطلوب تشخیص را حفظ می‌کند. کوچکترین اندازه نشت ۱درصد مورد

5 Cai,Yaojie
6 Bohorquez, Jessica
7 ANN

آزمایش قرار گرفت که با دقت ۳۷/۳۲ درصد مشخص شد درحالی‌که نشت ۲ درصد با ۹۷/۶ درصد و نشت بالای ۲ درصد با دقت بالاتر از ۹۹/۵ درصد تشخیص داده شده است. کار تحقیقاتی آینده برای گسترش روش فعلی در این مقاله برای تشخیص نشت برای نشت ابعاد بالاتر و جریان چند فازی است.

این مقاله شامل چهار بخش است که در بخش دوم آن به تعریف مسئله و روش کلی حل آن پرداخته شده است. در بخش سوم، اقدامات لازم برای شبیه‌سازی و پیاده‌سازی شامل پایگاه داده، معرفی ساختار شبکه، پیش‌پردازش داده‌ها، تقسیم‌بندی داده‌ها، سیستم شبیه‌سازی و نتایج حاصل از شبیه‌سازی به طور کامل شرح داده می‌شود و در نهایت در بخش چهارم مقاله به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از نتایج بدست آمده پرداخته شده است.

۲- تعریف مسئله

خطوط لوله که در بسیاری از آن‌ها مواد آلاینده‌ی محیط‌زیست، مواد آتش‌زا و حتی مواد سمّی وجود دارد از اهمیت به سزایی در صنعت برخوردارند. به خصوص خطوط لوله که امروزه در سراسر کره زمین فراگرفته‌اند. بدیهی است که وجود نشتی از این خطوط، به ویژه در مناطقی که از لحاظ زیست‌محیطی دارای حساسیت هستند می‌تواند خطرات زیادی برای موجوداتی که روی زمین زندگی می‌کنند فراهم آورد. از طرفی هدر رفتن بخشی از مواد ارزشمند که جز محصولات و یا مواد اولیه‌ی ما هستند، از لحاظ اقتصادی نیز مقرون بصرفه نیست. به طور کلی نتایج وجود نشتی عبارتند از آلودگی محیط‌زیست، ایجاد مسمومیت در انسان و دیگر موجودات زنده، انفجار، هدر رفتن مواد ارزشمند، هزینه‌های تمیزکردن محیط زیست، هزینه های تعمیر و تعویض خط لوله، اتلاف وقت و جرایم احتمالی قانونی می‌باشد. بنابراین دو عامل اقتصاد و محیط زیست انگیزه‌ی کافی برای رفع چنین مشکلی در ما ایجاد می‌کنند[۱۵].

در این راستا برای رفع چنین مسئله‌ای و تشخیص زودهنگام نشت خطوط لوله نفت از روش‌های نوین شبکه‌های عمیق از جمله شبکه کانالوشن بهره برده شده است. به همین خاطر برای آشنایی بیشتر در بخش بعدی در مورد شبکه کانالوشن به صورت اختصار بحث خواهد شد.

۲-۱- شبکه عصبی پیچشی

شبکه عصبی پیچشی که به CNN نیز معروف است، یک روش یادگیری عمیق شامل چندین لایه روی هم می‌باشد. شبکه با بدست آوردن وزن‌های مربوط به هر لایه به عملکرد و کارایی بهتر مدل دست پیدا می‌کند. معماری عمیق این شبکه کمک می‌کند تا از ویژگی‌های مختلف و پیچیده‌ای که توسط شبکه عصبی ساده نمی‌توان یاد گرفت، دست یابد. از شبکه‌های کانولوشن در بسیاری از موضوعات مختلفی نظیر رباتیک، مباحث پزشکی و صنعتی همچون صنایع نفت و گاز استفاده می‌شود. به طور کلی می‌توان مفهوم اصلی CNN را بدست آوردن ویژگی‌ها از ورودی در لایه‌های بالاتر و ترکیب آنها با ویژگی‌های پیچیده‌تر لایه‌های پایین‌تر گفت. معماری شبکه عصبی کانولوشن از لایه‌ها و توابع مختلفی تشکیل شده است که در ادامه به توضیحی از شبکه مورد استفاده پرداخته شده است[۱۶].

۲-۲- تابع هزینه

برای حل مسئله و جهت بررسی عملکرد تشخیص وجود نشت و تعیین نوع نشتی لازم است که از یک تابع هزینه مناسب استفاده شود. بدلیل اینکه تعداد دسته‌هایی که باید طبقه‌بندی شوند بیشتر از دو دسته(ده دسته) می‌باشد، از تابع هزینه categorical crossentropy بهره می‌بریم[۱۶].

۳- پیاده‌سازی

در این بخش ساختار شبکه پیشنهادی و نحوه یادگیری مدل استفاده شده مورد بحث قرار گرفته است. در این راستا، ابتدا درباره چگونگی ایجاد اطلاعات و داده‌ها بکار برده شده و نحوه دسته‌بندی داده‌ها جهت آموزش شبکه و سپس در مورد مدل پیشنهادی و تعداد لایه‌های مدل بحث گردیده است.

۳-۱- مجموعه داده

در مقاله (زادکرمی و همکاران ۲۰۲۰) [۸]،

روش‌های تشخیص و جداسازی نشت برای تشخیص نشت ۲۰ کیلومتر اول خط لوله نفت گلخاری-بیناک پیشنهاد شده است. اطلاعات این خط لوله که جریان ورودی ۲ ft^3 / sec و فشار ورودی ۴۵۰ Psi در قسمت جنوبی ایران واقع شده است. فشار خروجی با استفاده از تجهیزات کنترل ۲۰۰ Psi ثبت شده است. [۸].

کلاس‌های مختلف نشتی از طریق اندازه‌ها و مکان‌های مختلف نشتی بوجود آمده است که در جدول ۱ حالات مختلف نشتی با توجه به تغییرات فشار ورودی و جریان خروجی به طور مفصل مشخص شده‌اند. در جداول ۲ و ۳ به ترتیب موقعیت‌ها و اندازه‌های مختلف نشتی را نشان داده شده است[۸].

علیرغم این که شبیه‌سازهای زیادی برای تجزیه و تحلیل خصوصیات و اطلاعات سیالات چند فازی در خط لوله مانند Aspen PIPE و PIPEPHASE وجود دارد، ولی از نرم افزار OLGA به طور گسترده‌ای در این زمینه جهت به دست آوردن اطلاعات خطوط انتقال نفت و گاز استفاده شده است[۸].

نرم‌افزار OLGA که ابتدا توسط شرکت Statoil در سال ۱۹۸۳ توسعه یافت می‌تواند جریان چندفازی را که در یک پدیده دینامیک است مدل‌سازی کند. شبکه‌های خطوط لوله که دارای تجهیزات فرآیندی مانند پمپ، کمپرسور، مبدل حرارتی، تفکیک‌کننده، شیر و ... است به راحتی به صورت دینامیک قابل شبیه‌سازی شدن هستند. این نرم‌افزار یکی از قوی‌ترین نرم‌افزارهای موجود برای شبیه‌سازی جریان درون خطوط لوله نفت و گاز است و قابلیت شبیه‌سازی دینامیک لوله‌ها در شرایط مختلف را دارد. جهت بررسی چالش‌ها و مشکلات جریان عبوری از خط لوله، محسابات و مدل‌سازی در حالت پایدار[۸] انجام می‌شود. برای انجام اینکار اطلاعات کلی خطوط انتقال نفت و گاز را به نرم‌افزاری به نام PVTsim وارد می‌شود تا فایل ورودی لازم جهت شبیه‌سازی در OLGA صورت پذیرد[۱۷].

جدول ۱ : اندازه و موقعیت نشت‌های مختلف در طول خط لوله [۸]

شرایط	انواع حالات خط لوله
حالت سالم و بدون نشتی	دسته ۱
نشتی اندازه کوچک ابتدای خط لوله	دسته ۲
نشتی اندازه کوچک اواسط خط لوله	دسته ۳
نشتی اندازه کوچک اواخر خط لوله	دسته ۴
نشتی اندازه متوسط ابتدای خط لوله	دسته ۵
نشتی اندازه متوسط اواسط خط لوله	دسته ۶
نشتی اندازه متوسط اواخر خط لوله	دسته ۷
نشتی اندازه بزرگ ابتدای خط لوله	دسته ۸
نشتی اندازه بزرگ اواسط خط لوله	دسته ۹
نشتی اندازه بزرگ اواخر خط لوله	دسته ۱۰

جدول ۲ : موقعیت انواع نشت‌های مختلف [۸]

موقعیت بر حسب کیلومتر	موقعیت‌های مختلف انواع نشتی
۶ – ۵ – ۴ - ۲	ابتدای خط لوله
۱۲ – ۱۰ - ۸	اواسط خط لوله
۱۸ – ۱۶ – ۱۵ - ۱۴	اواخر خط لوله

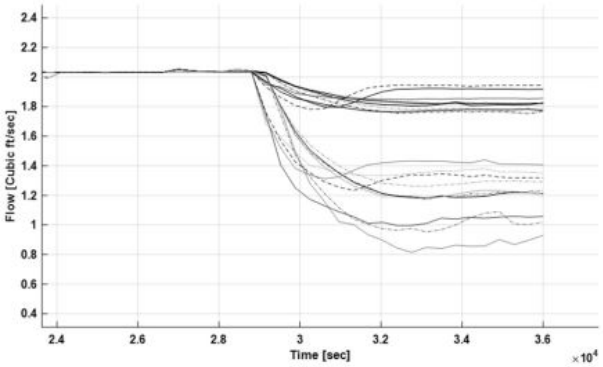
جدول ۳ : اندازه‌های انواع نشت‌های مختلف [۸]

اندازه بر حسب اینچ	اندازه‌های مختلف انواع نشتی
۱ – ۵/۰	اندازه کوچک
۲ – ۵/۱	اندازه متوسط
۳ – ۵/۲	اندازه بزرگ

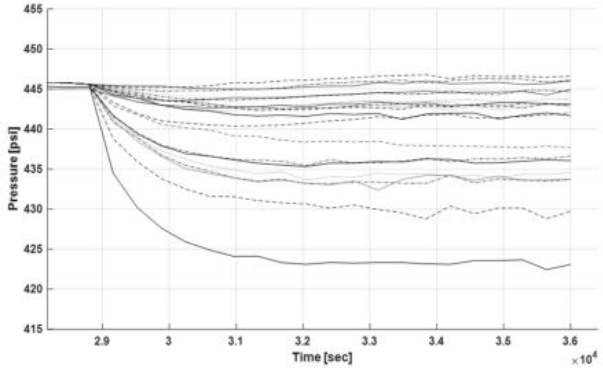
همانطور که ذکر شد، نرم افزار OLGA یک شبیه‌ساز سیال چند فازی است که قادر به مدلسازی رفتار جریان و فشار و ارائه اطلاعات ارزشمندی از کل خط لوله در شرایط نشتی و بدون نشتی برای یک خط لوله واقعی می‌باشد. بسیاری از مطالعات گذشته در مورد شناسایی نشت از نرم افزار OLGA برای مدل‌سازی و تولید اطلاعات فشار و دما در شرایط عملیاتی مختلف برای خط لوله نفت یا گاز مورد نظر استفاده قرار گرفته است [۸ و ۱۷].

8 Steady State

در این راستا، نشت‌های مختلفی بر روی خط انتقال نفت به صورت یکسان اعمال می‌شود. علاوه بر این، برای بررسی دقیق نشت خط لوله، تعداد زیادی از اطلاعات و داده‌های فشار و جریان در طول خط لوله برای نه دسته مختلف نشتی و یک دسته حالت سالم خط لوله (۱۴۸۰۰ داده) تولید می‌شود. با استفاده از نرم‌افزار OLGA می‌توان مشخصات خط لوله مانند قطر، ضخامت، طول، مشخصات سیال را به راحتی شبیه‌سازی کرد. قابل ذکر است که شرایط اولیه بر اساس داده‌های واقعی ۲۰ کیلومتری اول خط لوله که در جنوب ایران واقع شده، می‌باشد. شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب بخشی از سیگنالهای جریان و فشار را در مورد نشت با شدت نیم اینچ در ابتدای خط لوله نشان می‌دهد. [۸]



شکل ۱ : سیگنال جریان خروجی هنگام وقوع نشت با شدت ۰/۵ اینچ در ابتدای خط لوله [۸]



شکل ۲ : سیگنال فشار ورودی هنگام وقوع نشت با شدت ۰/۵ اینچ در ابتدای خط لوله [۸]

قابل ذکر است که هنگام شبیه‌سازی از طریق نرم‌افزار OLGA نویز اندازه‌گیری نیز در نظر گرفته شده است. پایگاه داده مورد استفاده در این مقاله، در مقالات [۸] استفاده شده است.

۲-۳- شبکه پیچشی یک بعدی

به طور کلی در شبکه های CNN یک بعدی می‌توان گفت که از دو نوع لایه کلی استفاده می‌شود. اولین لایه، لایه‌های CNN1D هستند که در این لایه‌ها هم عمل کانوال و هم عمل نمونه‌برداری صورت می‌گیرد. دومین لایه، لایه کاملا متصل هستند که در جهت طبقه‌بندی دسته‌های موجود در دیتاست عمل می‌کند. در ادامه برای درک بهتر این شبکه به پیکربندی شبکه CNN یک بعدی پرداخته شده است [۱۸].

- لایه‌های CNN

- سایز فیلتر در هر لایه CNN

- اندازه نمونه‌برداری در هر لایه CNN

- انتخاب درست تنظیم‌کننده و فعال‌ساز در هر لایه CNN

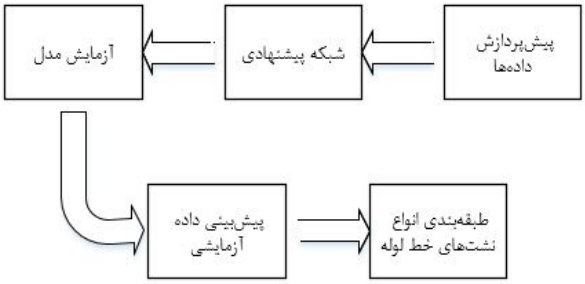
تفاوت واضحی که بین CNN دوبعدی و یک بعدی وجود دارد این است که، نمونه‌برداری و ویژگی‌های داده‌ها در یک بعدی به صورت آرایه و در دو بعدی به صورت ماتریس می‌باشند. در لایه‌های CNN یک بعدی داده‌های خام پردازش می‌شوند و ویژگی‌های داده‌ها استخراج و طبقه‌بندی می‌شوند. مزیت اصلی CNN یک بعدی می‌تواند پیچیدگی محاسبات کمتر نسبت به سایر روش‌ها باشد[۱۸].

CNN یک بعدی می‌توانند به صورت مستقیم روی داده‌های خام (مثلا جریان و فشار) اعمال شوند و نیازی به پردازش داده همچون استخراج ویژگی، انتخاب ویژگی، کاهش ابعاد و حتی از بین بردن نویزهای داده قبل از ورود به شبکه نیست [۱۸].

۳-۳- آموزش شبکه

داده‌های موجود در مجموعه داده‌های در دسترس به دو دسته آموزش و تست تقسیم‌بندی شده‌اند. تقسیم‌بندی داده‌ها به این صورت است که ۸۰ درصد کل داده‌ها به عنوان داده آموزشی به شبکه اعمال شد و ۲۰ درصد مابقی به عنوان داده تست و ارزیابی شبکه مورد استفاده قرار گرفته است. سپس برای آموزش بهتر شبکه داده‌های ووردی در بازه بین صفر و یک نرمالیزه شدند. پس از مرحله آموزش شبکه، به دقتی بیش از ۹۲ درصد برای داده

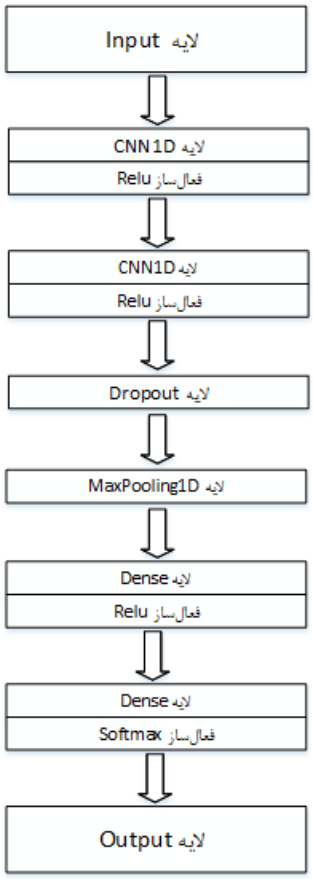
تست بدست آمده است. در ادامه جهت تعیین صحت و درستی پیش‌بینی مدل آموزش دیده از طریق ماتریس درهم ریختگی مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت شبکه پیشنهادی با دقت قابل قبولی انواع حالت خط لوله اعم از حالت سالم لوله و نه حالت مختلف نشتی را طبقه‌بندی کرده است. برای درک بهتر موضوع در شکل ۳ روند کار مدل پیشنهادی ارائه شده است.



شکل ۳ : مراحل روش پیشنهادی

مدل پیشنهادی مبتنی بر یادگیری عمیق همراه با پارامترهای مختلفی برای آموزش استفاده شده‌اند . این پارامترها در حین آموزش با استفاده از تابع بهینه‌ساز Adam بهینه شده‌اند. اصول ارزیابی و نحوه الگوریتم پارامترها و مدل‌ها از طریق تابع هزینه آموزش داده شده است. تابع هزینه به طور تدریجی، به کمک تابع بهینه‌ساز، خطای پیش‌بینی را به حداقل ممکن رسانده است. توابع مختلف هزینه در دسترس می‌باشد اما برای تعیین چند طبقه‌بند از تابع هزینه، Crossentropy استفاده شده است.

در شبکه مذکور از دو لایه conv1D به همراه فعال‌ساز Relu و لایه Dropout به همراه لایه MaxPooling1D و همچنین در نهایت با استفاده از دو لایه Dense به صورتی که در لایه اول با تابع فعال‌ساز Relu و لایه اخر جهت طبقه‌بندی ده دسته مورد نظر تابع فعال‌ساز Softmax استفاده شده است. در شکل ۴ شماتیک کلی لایه‌های مدل پیشنهادی ارائه شده است.



شکل ۴ : ساختار مدل پیشنهادی

مدل برای ۱۲۰ دوره با اندازه دسته‌ای ۳۲ تنظیم شده‌اند. بهینه ساز Adam به همراه نرخ یادگیری مختلف جهت تنظیم دقیق مدل بکار رفته است. در جدول ۴ خلاصه‌ای از مدل‌های مختلف آورده شده است.

جدول ۴ : نتایج مدل‌های مختلف شبکه

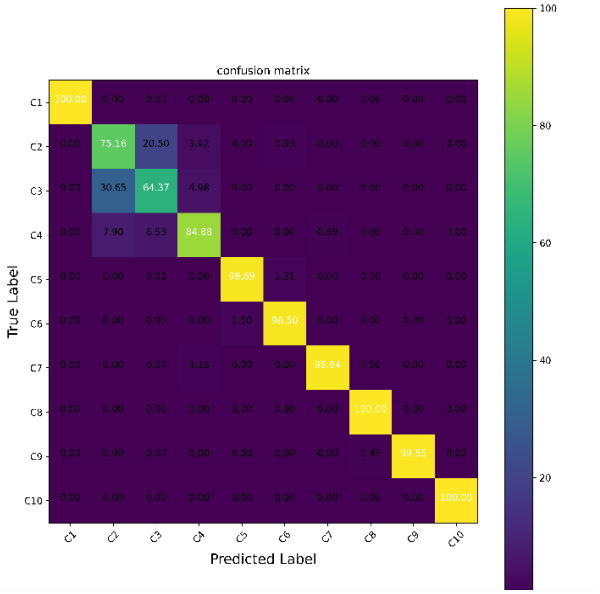
شبکه CNN1D	نرخ یادگیری	دقت داده‌های آزمایشی
مدل اول	۰/۰۰۰۱	۰/ 9283
مدل دوم	۰/۰۰۰۱	۰/۹۱۹۳
مدل سوم	۰/۰۰۱	۰/۹۱۱۱

۳-۴- ماتریس درهم ریختگی

عملکرد مدل پیشنهادی برای طبقه‌بندی انواع نشت‌ها و حالت سالم خط لوله از طریق ماتریس درهم ریختگی مورد تحلیل قرار گرفته شده است. معیار دقت (CCA) را می‌توان با تعیین تعداد صحیح موارد پیش‌بینی شده به عنوان عملکرد کلی مدل تعریف کرد. CCA را می‌توان از نظر ریاضی به شرح زیر نوشت[۱۶]:

$$Accuracy = ACC = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \qquad (1)$$

بعد از پیش‌بینی کلاس‌های مختلف شبکه، در ادامه عملکرد مدل اول با استفاده از ماتریس درهم ریختگی که در شکل ۵ نمایش داده شده، ارزیابی شده است.



شکل ۵ : نمایش ماتریس درهم ریختگی مدل پیشنهادی

۴- نتیجه گیری

نشت‌خطوط لوله نفت و گاز مانع رشد اقتصادی صنایع می‌شود. به همین جهت، تشخیص به موقع بسیار مفید می‌باشد. همین موضوع، دلیل معتبری جهت طبقه‌بندی و تشخیص سطح‌های مختلف نشت خطوط لوله می‌باشد. به طور خلاصه می‌توان گفت، با استفاده از شبکه کانالوشنی یک بعدی توانستیم ویژگی‌های مهم و قابل تمایز بین داده‌های فشار و جریان در طول خط لوله نفت بدست آوریم و و با دقت قابل قبولی موقعیت نشت و همچنین اندازه نشت را بدست آوریم.

۵- مراجع

[1] R. Pourazizi, M. Mohtadi-Bonab, and J. Szpunar, “Investigation of different failure modes in oil and natural gas pipeline steels,” Engineering Failure Analysis, vol. 109, p. 104400, 2020.

[2] Canonaco, Giuseppe, Manuel Roveri, Cesare Alippi, Fabrizio Podenzani, Antonio Bennardo, Marco Conti, and Nicola Mancini. “Corrosion Prediction in Oil and Gas Pipelines: a Machine Learning Approach.” In 2020 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), pp. 1-6. IEEE, 2020.

[3] Li, Xiaogang, Dawei Zhang, Zhiyong Liu, Zhong Li, Cuiwei Du, and Chaofang Dong. “Materials science: Share corrosion data.” Nature News 527, no. 7579 (2015): 441.

[4] C. Gong, S. Li, and Y. Song, “Experimental validation of gas leak detection in screw thread connections of galvanized pipe based on acoustic emission and neural network,” Structural Control and Health Monitoring, vol. 27, no. 1, p. e2460, 2020.

[5] Y. Cai, R. B. Santos, S. N. Givigi, and A. M. F. Fileti, “A Pipeline Leak Classification and Location Estimation System With Convolutional Neural Networks,” IEEE Systems Journal, 2020.

[6] Zadkarami, Morteza, Mehdi Shahbazian, and Karim Salahshoor. “Pipeline leakage detection and isolation: An integrated approach of statistical and wavelet feature extraction with multi-layer perceptron neural network (MLPNN).” Journal of Loss Prevention in the Process Industries 43 (2016): 479-487.

[7] Zadkarami, Morteza, Mehdi Shahbazian, and Karim Salahshoor. “Pipeline leak diagnosis based on wavelet and statistical features using Dempster–Shafer classifier fusion technique.” Process safety and environmental protection 105 (2017): 156-163.

[8] Zadkarami, Morteza, Ali Akbar Safavi, Mohammad Taheri, and Fabienne Fariba Salimi. “Data driven leakage diagnosis for oil pipelines: An integrated approach of factor analysis and deep neural network classifier.” Transactions of the Institute of Measurement and Control 42, no. 14 (2020): 2708-2718.

[9] P. Xu, R. Du, and Z. Zhang, “Predicting pipeline leakage in petrochemical system through GAN and LSTM,” Knowledge-Based Systems, vol. 175, pp. 50-61, 2019.

[10] Liu, Xiaoben, Mengying Xia, Dinaer Bolati, Jianping Liu, Qian Zheng, and Hong Zhang. “An ANN-based failure pressure prediction method for buried high-strength pipes with stray current corrosion defect.” Energy Science & Engineering 8, no. 1 (2020): 248-259.

[11] Y. Cai, R. B. Santos, S. N. Givigi, and A. M. F. Fileti, “A Pipeline Leak Classification and Location Estimation System With Convolutional Neural Networks,” IEEE Systems Journal, 2020.

[12] J. Bohorquez, B. Alexander, A. R. Simpson, and M. F. Lambert, “Leak Detection and Topology Identification in Pipelines Using Fluid Transients and Artificial Neural

Networks," Journal of Water Resources Planning and Management, vol. 146, no. 6, p. 04020040, 2020.

[13] Pérez-Pérez, E. J., Francisco Ronay López-Estrada, Guillermo Valencia-Palomo, L. Torres, V. Puig, and J. D. Mina-Antonio. "Leak diagnosis in pipelines using a combined artificial neural network approach." Control Engineering Practice 107 (2021): 104677.

[14] Mujtaba, Syed Muhammad, Tamiru Alemu Lemma, Syed Ali Ammar Taqvi, Titus Ntow Ofei, and Seshu Kumar Vandrangi. "Leak Detection in Gas Mixture Pipelines under Transient Conditions Using Hammerstein Model and Adaptive Thresholds." Processes 8, no. 4 (2020): 474.

[15] M. Layouni, M. S. Hamdi, and S. Tahar, "Detection and sizing of metal-loss defects in oil and gas pipelines using pattern-adapted wavelets and machine learning," Applied Soft Computing, vol. 52, pp. 247-261, 2017.

[16] Gianchandani, Neha, Aayush Jaiswal, Dilbag Singh, Vijay Kumar, and Manjit Kaur. "Rapid COVID-19 diagnosis using ensemble deep transfer learning models from chest radiographic images." Journal of ambient intelligence and humanized computing (2020): 1-13.

[17] Doshmanziari, Roya, Hamid Khaloozadeh, and Amirhossein Nikoofard. "Gas pipeline leakage detection based on sensor fusion under model-based fault detection framework." Journal of Petroleum Science and Engineering 184 (2020): 106581.

[18] Kiranyaz, Serkan, Turker Ince, Osama Abdeljaber, Onur Avci, and Moncef Gabbouj. "1-d convolutional neural networks for signal processing applications." In ICASSP 2019-2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 8360-8364. IEEE, 2019.

۶ – معرفی افراد

مینا عکرش

متولد سال ۱۳۷۳ اهواز، در سال ۱۳۹۵ مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق گرایش کنترل از دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور اخذ نمود و هم اکنون دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق دانشگاه تربیت مدرس تهران است. از علاقه‌مندی‌های وی می‌توان به کنترل غیرخطی، تشخیص و جداسازی عیب و هوش مصنوعی اشاره نمود. هم‌چنین از سال ۱۳۹۸ عضویت رسمی دانشجویی IEEE، از سال۱۳۹۹ عضویت در انجمن علمی مهندسی برق و کامپیوتری دانشگاه تربیت مدرس از سال، ۱۳۹۹ عضویت در تیم اجرایی نشریه برقکام در چاپ اول و هم‌اکنون در سال ۱۴۰۰ سردبیر نشریه برقکام در چاپ دوم دانشگاه تربیت مدرس از جمله فعالیت‌های اجرایی وی به شمار می آیند.

دکتر امین رمضانی

در سال ۱۳۵۸در خوزستان، ایران، متولد شد. ایشان مدرک کارشناسی مهندسی برق از دانشگاه شهید بهشتی تهران سال ۱۳۸۰، مدرک کارشناسی ارشد سیستم‌های کنترل دانشگاه صنعتی شریف، تهران، سال ۱۳۸۳ و دکترای تخصصی رشته مهندسی برق از دانشگاه تهران، تهران، ایران در سال ۱۳۹۰ اخذ کرده‌اند. از سال ۲۰۱۲ به عنوان استادیار، در گروه کنترل و اتوماسیون ابزاردقیق دانشکده مهندسی برق، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران پیوسته‌اند. ایشان به عنوان عضو کمیته علمی در چندین کنفرانس داخلی و خارجی و سردبیر و داور مجلات بین المللی در زمینه سیستم‌های کنترل همکاری می‌کند.زمینه‌های پژوهشی فعلی او شامل سیستم‌های کنترل تحمل پذیر عیب، سیستم‌های کنترل پیش‌بینی مبتنی بر مدل، سیستم‌های کنترل تصادفی، سیستم‌های هیبریدی و کاربرد کنترل پیشرفته در سیستم‌های قدرت است. دکتر رمضانی عضو IEEE از سال ۲۰۰۵ و عضو مهندسین ابزار و کنترل جامعه ایرانی از سال ۲۰۱۲ می‌باشد.

طراحی کنترل کننده تطبیقی مدل مرجع در حضور نویز برای ربات SCARA

مرضیه خلیلی [۱]،مینا عکرش [۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد کنترل، دانشگاه تربیت مدرس، عضو دانشجویی ، IEEE, khalili.mrz73@gmail.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، عضو دانشجویی، IEEE,minsekresh@modares.ac.ir

چکیده

با توجه به اینکه امروزه استفاده از ربات ها علی الخصوص ربات های صنعتی بسیار مورد توجه قرار گرفته است، کنترل این ربات ها نیز به مسئله مهمی تبدیل شده است. ربات SCARA یکی از معروف ترین این ربات ها است. در این مقاله ما به طراحی کنترل کننده تطبیقی مدل مرجع در حضور نویز برای این ربات پرداخته ایم. همچنین سینماتیک و دینامیک ربات را نیز مورد بررسی قرار داده ایم. سپس در قسمت نتیجه گیری نشان دادیم که در حضور نویز، سیستم کنترلی به درستی عمل کرده و خروجی سیستم که همان زوایا هستند به مقدار مطلوب در نظر گرفته شده رسیده اند.

کلیدواژگان : کنترلر تطبیقی مدل مرجع، سینماتیک، دینامیک، SCARA

Abstract

Due to the fact that the use of robots, especially industrial robots, has received a lot of attention today, the control of these robots has also become an important issue. The SCARA robot is one of the most famous of these robots. In this article, we have designed an Model reference adaptive in the presence of noise for this robot. We have also peruse the kinematics and dynamics of the robot. Then, in conclusion part, showed that in presence of noise, the control system worked properly and the output of the system, which are the angles, reached the desired value.

Keywords : Model Reference Adaptive Control, Kinematics, Dynamics, SCARA

۱- مقدمه

سیستم‌های کنترل خودکار، بیشتر از دو هزار سال پیش برای اولین بار بکار رفتند. در زمان انقلاب صنعتی بود که با ورود ماشین‌های ماهر، نیاز به کنترلرهای پیشرفته نیز افزایش پیدا کرد. در دهه‌های گذشته ربات‌های سری و موازی در بین محققان بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. مطالعه بر روی ربات‌ها زمینه‌های متفاوتی را همچون سینماتیک، نقاط تکین، کالیبراسیون، دینامیک و کنترل را شامل می‌شود. کنترل حرکت یکی از مهمترین بخش‌های یک سیستم رباتیک است. با استفاده از یک سیستم کنترلی میتوان ربات را در مسیری که مورد نظر کاربر است حرکت داد. یک کنترلر حرکت مناسب علاوه بر کنترل دقیق ربات در راستای مسیر مورد نظر می‌تواند اثر اغتشاشات و عوامل کاهش دقت ربات از جمله لقی مفاصل و ارتجاعیت لینک‌ها و یا مفاصل را از بین برد.

روش‌های کنترل ربات را می‌توان با توجه به نوع طراحی به دو دسته اصلی تقسیم کرد: کنترل بر پایه مدل و کنترل بر پایه کارایی. برای مثال کنترل به روش گشتاور محاسبه شده در دسته کنترل بر پایه مدل است زیرا به مدل دینامیکی ربات نیاز دارد. کنترلر PID و کنترلر تطبیقی از دسته کنترلرهای بر پایه کارایی می‌باشند زیرا پارامترهای طراحی در آنها با توجه به خطای رهگیری تنظیم می‌شوند. اما این دو نوع استراتژی کاملا مخالف یکدیگر نیستند. در حقیقت آنها معمولا باهم ترکیب می‌شوند تا کارایی کنترلرها را بالا ببرند. برای مثال در [۱] کنترل تطبیقی با کنترل به روش گشتاور محاسبه شده ترکیب شده است. و در [۲] به کنترل نیرو و موقعیت ربات اسکارا[1] پرداخته است.

در این مقاله به طراحی کنترل‌کننده تطبیقی مدل مرجع برای ربات اسکارا در حضور نویز می‌پردازیم.

۲- ربات اسکارا

شکل ۱- ربات SCARA

اسکارا مخفف بازوی رباتیکی ماهر و دارای حسن مونتاژ می‌باشد. بازوی اسکارا دارای ساختار RRP میباشد. یعنی دارای سه مفصل می‌باشد که مفصل‌های اول و دوم از نوع لولایی (دورانی) و مفصل سوم کشویی(خطی) می‌باشد. این سه مفصل دارای محورهای موازی (مطابق شکل ۱) می‌باشند. از مفصل اول و دوم برای تعیین مختصات X و Y استفاده می‌شود و از مفصل سوم برای تعیین مختصات Z استفاده می‌شود. ربات اسکارا دارای قدرت مانور بسیاری در صفحه XY می‌باشد به همین علت کاملا مناسب مونتاژکاری می‌باشد. از این ربات علاوه برکارهای مونتاژکاری، در کارهای بلندکردن و قراردادن (جابجایی جسمی از محلی به محل دیگر) نیز استفاده می‌شود. ویژگی ربات اسکارا اتصال دو رابط لولایی پی‌درپی با محورهای موازی، شبیه دست انسان می‌باشد. به همین دلیل به آن هنرمند می‌گویند . این ویژگی به ربات این قدرت را می‌دهد که در مساحتی محدود، باز و جمع، شود و به سرعت خود را از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر برساند. ربات اسکارا تنها با یک پایه محکم شده و برای نصب به جای کمی نیاز دارد و به راحتی آماده کار می‌شود. هم اکنون از ربات‌های اسکارا به خاطر این که سرعت زیادی دارند، در مکان‌های تولیدی گوناگونی استفاده می‌شود. می‌توان گفت ربات اسکارا مناسب کاری می‌باشد که سرعت در سه یا چهار محور نیاز دارد و همچنین صرفه اقتصادی بالایی دارد[۳].

در ادامه به بررسی سینماتیک مستقیم و معکوس ربات اسکارا، دینامیک آن و سپس سیستم کنترلی و بررسی نتایج می‌پردازیم.

۲-۱- سینماتیک ربات

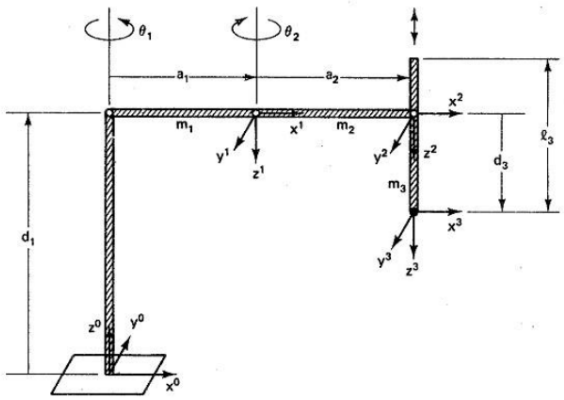
1 SCARA

در ربات‌ها هدف از تحلیل سینماتیکی بدست آوردن جابجایی‌ها، سرعت‌ها و شتاب‌های بین مفاصل و اعضای صلب ربات از جمله ابزار ربات می‌باشد. سینماتیک ربات‌ها را می‌توان به دو بخش سینماتیک مستقیم و سینماتیک معکوس تقسیم نمود. این تعاریف در مورد ربات‌های سری و موازی یکسان می‌باشد. به طور کلی حرکت ابزار ربات را بوسیله‌ی حرکت محور مختصات آن نسبت به محور مختصات پایه نشان می‌دهیم.

مسئله سینماتیک مستقیم اینگونه تعریف می‌شود: سینماتیک مستقیم عبارت است از بدست آوردن موقعیت ابزار ربات در مختصات دکارتی از روی زوایای مفاصل متحرک. در مقابل آن سینماتیک معکوس به این صورت تعریف می‌شود: زوایای مفاصل محرک را از روی موقعیت ابزار ربات در مختصات کارتزین بدست آوریم.

۲-۱-۱ – سینماتیک مستقیم

سینماتیک مستقیم را بر حسب جدول دناویت- هارتنبرگ[2] می‌نویسیم:



شکل۲ - تصویر پارامتریک ربات

$$ {}^{0}_{N}T = {}^{0}_{1}T\,{}^{1}_{2}T \ldots {}^{N-1}_{N}T \quad \rightarrow \quad TransformMatrix \qquad (1) $$

جدول ۱: جدول دناویت- هارتنبرگ

i	α_i	a_i	θ_i	d_i
1	0	0	0	d_3
2	0	0	θ_1	0
3	0	a_1	θ_2	0
4	0	a_2	0	0

ماتریس های انتقال را با توجه به جدول داریم:

$$ {}^{0}_{1}T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

,

$$ {}^{1}_{2}T = \begin{bmatrix} c_1 & -s_1 & 0 & a_1 \\ s_1 & c_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (2) $$

,

$$ {}^{2}_{3}T = \begin{bmatrix} c_2 & -s_2 & 0 & d_2 \\ s_2 & c_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

$$ s = \sin \quad , \quad c = \cos $$

و در نهایت:

$$ {}^{0}_{3}T = \begin{bmatrix} c_{12} & -s_{12} & 0 & c_1 a_1 + c_{12} a_2 \\ s_{12} & c_{12} & 0 & s_1 l_1 + s_{12} l_2 \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (3) $$

۲-۱-۲– سینماتیک معکوس

ماتریس انتقال ربات را از قسمت قبل داریم:

$$ O = P = \begin{bmatrix} c_1 a_1 + c_{12} a_2 \\ s_1 a_1 + s_{12} a_2 \\ d_3 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P1 \\ P2 \\ P3 \\ 1 \end{bmatrix} \qquad (4) $$

$$ P_1 = c_1 a_1 + c_{12} a_2 \qquad (5) $$

2 Denavit-Hartenberg

$$P_2 = s_1 a_1 + s_{12} a_2 \qquad (6)$$

$$P_3 = d_3 \qquad (7)$$

محاسبه زوایا:

θ_1 :

$$(c_{12} a_2)^2 = (P - c_1 a_1)^2 \qquad (8)$$

$$(s_{12} a_2)^2 = (P - s_1 a_1)^2 \qquad (9)$$

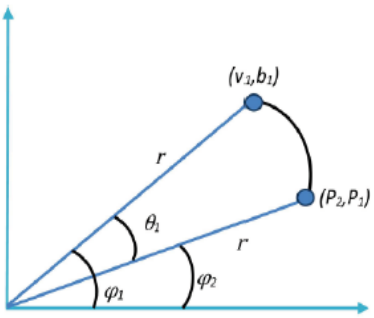
$$a_2^2 = P_1^2 - P_2^2 + a_1^2 - 2a_1 (P_1 c_1 + P_2 s_1) \qquad (10)$$

از طرفی :

$$if \rightarrow P_1 c_1 + P_2 s_1 = b_1$$

$$a_2^2 = P_1^2 - P_2^2 + a_1^2 - 2a_1 b_1 \qquad (11)$$

با توجه به شکل ۳ که فضای چرخش زاویه اول را نشان می دهد معادلات بعد را داریم:



شکل ۳- فضای چرخش θ_1

$$b_1 = P_1 c_1 + P_2 s_1 \qquad (12)$$

$$v_1 = (-P_1 s_1 + P_2 c_1) \qquad (13)$$

$$r^2 = v_1^2 + b_1^2 \qquad (14)$$

$$r^2 = P_1^2 + P_2^2 \qquad (15)$$

$$v_1 = \pm\sqrt{P_1^2 + P_2^2 - b_1^2} \qquad (16)$$

$$\theta_1 = \varphi_1 - \varphi_2 \qquad (17)$$

$$\varphi_1 = A\tan 2(v_1, b_1) \qquad (18)$$

$$\varphi_2 = A\tan 2(P_2, P_1) \qquad (19)$$

$$\theta_1 = A\tan 2(\pm v_1, b_1) - A\tan 2(P_2, P_1) \qquad (20)$$

با توجه به معادلات (۵) و (۶) و تلفیق انها با P_1 و P_2 داریم:

$$P_1[c_{12} a_2 = P_1 - c_1 l_1] \qquad (21)$$

$$P_2[s_{12} a_2 = P_2 - s_1 l_1] \qquad (22)$$

$$a_2[c_{12} P_2 - P_1 s_{12}] = -a_1[P_2 c_1 - s_1 P_1] \qquad (23)$$

$$c_{12} P_2 - P_1 s_{12} = \frac{-a_1 c_1}{a_2} \qquad (24)$$

از سوی دیگر:

$$a_2[c_{12} P_2 + s_{12} P_1] = P_1 P_2 - a_1[P_2 c_1 + P_1 s_1] \qquad (25)$$

$$if \rightarrow b_2 = c_{12} P_2 + s_{12} P_1 \qquad (26)$$

$$b_1 = c_1 P_1 + s_1 P_2 = \frac{P_1^2 + P_2^2 + a_1^2 - a_2^2}{2a_1} \qquad (27)$$

با جایگذاری b_1 در معادله (۲۵):

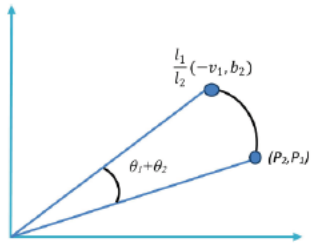
$$c_{12} P_1 + s_{12} P_2 = \frac{P_1^2 + P_2^2 + a_1^2 - a_2^2}{2} \qquad (28)$$

$$b_2 = \frac{P_1^2 + P_2^2 + a_1^2 - a_2^2}{2a_1} \qquad (29)$$

$$c_{12} P_1 + s_{12} P_2 = \frac{a_1 b_2}{a_2} \qquad (30)$$

از معادلات (۲۴) و (۳۰) شکل شماره (۵) بدست میآید:

با توجه به شکل (۴) داریم : (پارامتر a ، l فرض شده است)



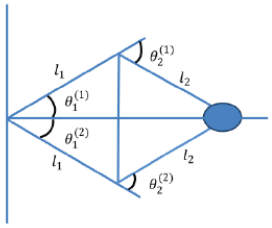
شکل ۴- فضای چرخش $\theta_1 + \theta_2$

$$\theta_1 + \theta_2 = A\tan 2(-v_1, b_2) - A\tan 2(P_2, P_1) \qquad (31)$$

$$\theta_2 = A\tan 2(-v_1, b_2) - A\tan 2(v_1, b_1) \qquad (32)$$

با توجه به معادله (۱۶) ما ۲ راه حل برای بدست آوردن طول بازو داریم: (شکل (۵) را نگاه کنید:

(پارامتر a ، l فرض شده است)



شکل ۵- فضای کاری بازوی ربات

سمت چپ:

$$\theta_2 = A\tan 2(-v_1, b_1) \quad (33)$$

$$\theta_1 = A\tan 2(P_2, P_1) - 0.5\theta_2 \quad (34)$$

سمت راست:

$$\theta_2 = A\tan 2(v_1, b_1) \quad (35)$$

$$\theta_1 = -A\tan 2(P_2, P_1) - 0.5\theta_2 \quad (36)$$

تخمین راه حل های موجود:

$$v_1 = \pm\sqrt{r^2 - b_1^2} \quad (37)$$

$$v_1 = \pm\sqrt{(r - b_1)(r + b_1)} \quad (38)$$

برای رسیدن به راه‌حل‌های موجود باید شرط $(r - b_1 \geq 0)$ برقرار باشد و در نتیجه داریم:

$$r_{\max} = a_1 + a_2 \quad (39)$$

$$r_{\min} = a_1 - a_2 \quad (40)$$

۳- دینامیک ربات

دینامیک ربات در واقع رابطه بین موقعیت، سرعت، گشتاور مفاصل از هم را نشان می‌دهد. که این معادلات را از روش لاگرانژ-اولر [3] بدست می‌آوریم[۴] :

$$L(q, \dot{q}) = K(q, \dot{q}) - P(q) \quad (40)$$

که در این معادلات L لاگرانژین و k انرژی جنبشی و p انرژی پتانسیل است.

و بدین ترتیب معادلات لاگرنژ بدست میآید:

$$\frac{d}{dt}[\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}] - \frac{\partial L}{\partial q} = \tau \quad (42)$$

که در این معادله M ماتریس اینرسی، C ماتریس شتاب مرکزی و کریولویس [4] و G ماتریس گرانش [5] است.

به این ترتیب معادلات گشتاور ربات بدست می‌آیند:

$$\tau_1 = [(\frac{m_1}{3} + m_2 + m_3)a_1^2 + (m_2 + 3m_3)a_1a_2C_2 + (\frac{m_2}{3} + m_3)a_2^2]\ddot{q}_1$$
$$-[(\frac{m_2}{3} + m_3)a_1a_2C_2 + (\frac{m_2}{3} + m_3)a_2^2]\ddot{q}_2 + b_1(\dot{q}_1)$$
$$-a_1a_2S_2[(m_2 + 3m_3)\dot{q}_1\dot{q}_2 - (\frac{m_2}{3} + m_3)\dot{q}_2^2] \quad (43)$$

$$\tau_2 = -[(\frac{m_2}{3} + m_3)a_1a_2C_2 + (\frac{m_2}{3} + m_3)a_2^2]\ddot{q}_1 + (\frac{m_2}{3} + m_3)\ddot{q}_2a_2^2$$
$$+(\frac{m_2}{3} + m_3)a_1a_2S_2\dot{q}_1^2 + b_2(\dot{q}_2) \quad (44)$$

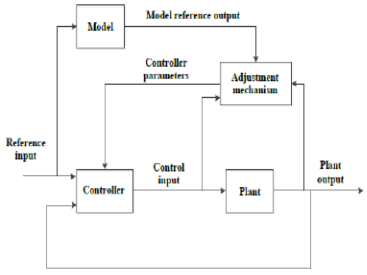
$$\tau_3 = m_3\ddot{q}_2 - m_3g_0 + b_3(\dot{q}_3) \quad (45)$$

جدول ۲: مقادیر پارامترها

	جرم (kg)	طول لینک (cm)
لینک اول	۵	۰,۳۲۵
لینک دوم	۴	۰,۲۲۵
لینک سوم	۳	۰,۴۰۰

۴- کنترل

کنترل تطبیقی مدل مرجع یکی از مهم‌ترین روشهای کنترل تطبیقی است که دارای پایه ی تئوری سیستماتیک و بسیار دقیق، چشم انداز کاربردی مورد توجه و روش طراحی ساده، فشرده و مختصر است. ساختار کلی کنترل تطبیقی مدل مرجع در (شکل ۶)، نشان داده شده است. در کنترل تطبیقی مدل مرجع، کنترلر شامل دو حلقه است: حلقه درونی یک پسخورد معمولی است و شامل فرایند و کنترل کننده است. حلقه بیرونی پارامترهای کنترلر را به طریقی تنظیم می کند که خطا، یعنی اختلاف بین خروجی فرایند و خروجی مدل کم شود. مسئله کلیدی کنترل تطبیقی مدل مرجع، مشخص کردن مکانیزم تنظیم است به گونه ای که سیستم پایدار باشد و باعث شود تا خطا به سمت صفر برود.



شکل ۶- ساختار کلی کنترل کننده تطبیقی مدل مرجع

مکانیزم تنظیم پارامترها در روش کنترل تطبیقی مدل مرجع، از دو روش قابل حصول است: روش گرادیان و پایداری لیاپانوف. که در اینجا ما از روش دوم به تنظیم پارامترها پرداخته ایم. پس از تنظیم پارامترهای خروجی

3 Lagrange-Euler
4 Coriolis
5 Gravity

سیستم که همان زاویه لینک ها است را یک بار در حضور نویز و بار دیگر بدون حضور نویز شبیهسازی کرده و خروجی گرفته ایم. در این شرایط برای هر یک از زوایا مقدار مرجعی را در نظر گرفته و تلاش کردیم در هر حالت به مقدار مطلوب برسد.

با انتخاب تابع لیاپانوف مناسب و عملیات ریاضی ورودی و ضرایب مورد نظر سیستم به صورت زیر بدست می آید:

$$T(t)=K_p(t)e(t)+K_v(t)\dot{e}(t)+M_p(t)q_d(t)+M_v(t)\dot{q}_d(t)+M_a(t)\ddot{q}_d(t) \qquad (46)$$

با اثبات پایداری خطای سیستم ضرایب قابل تنظیم کنترل کننده به صورت زیر بدست می-آیند:

$$K_p(t)=\alpha\int_0^t e(t)e^T(t)dt+K_p(0) \qquad (47)$$

$$K_v(t)=\beta\int_0^t e(t)e^T(t)dt+K_v(0) \qquad (48)$$

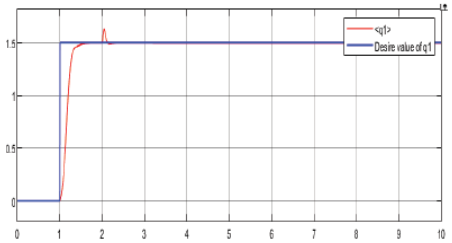
$$M_p(t)=\gamma\int_0^t e(t)q_d^T(t)dt+M_p(0) \qquad (49)$$

$$M_v(t)=\delta\int_0^t e(t)e^T(t)dt+M_v(0) \qquad (50)$$

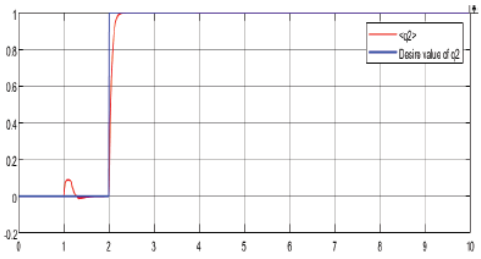
$$M_p(t)=\gamma\int_0^t e(t)q_d^T(t)dt+M_p(0) \qquad (51)$$

۵- نتایج

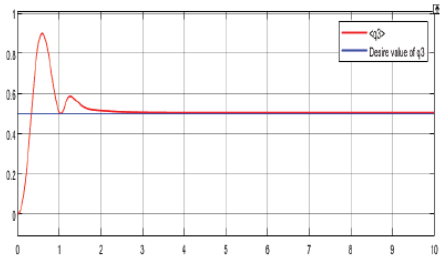
نتایج شبیه سازی بر روی ربات اسکارا با مدل مرجع یک سیستم ارتعاشی درجه دو و ضریب دمپینگ ۰,۸ و فرکانس ۱ هرتز در نظر گرفته شده است. مشاهده می کنیم که سیستم کنترلی در هر حالت عملکرد مطلوبی داشته است. به ترتیب شکلهای ۷، ۸ و ۹ خروجی ها بدون حضور نویز و شکل های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ خروجی ها در حضور نویز هستند.



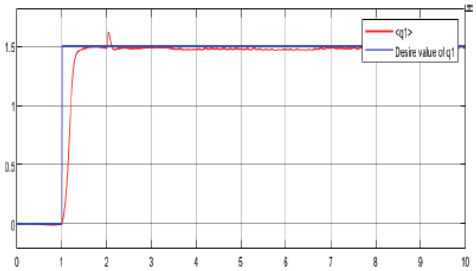
شکل ۷- زاویه اول بدون حضور نویز



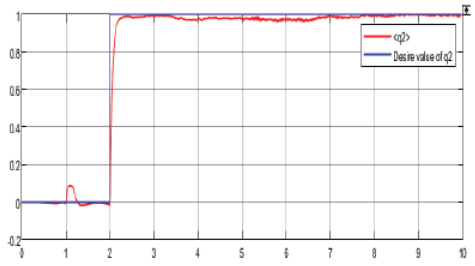
شکل ۸- زاویه دوم بدون حضور نویز



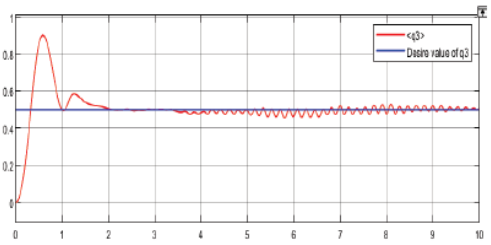
شکل ۹- زاویه سوم بدون حضور نویز



شکل ۱۰- زاویه اول در حضور نویز



شکل ۱۱- زاویه دوم در حضور نویز



شکل ۱۲- زاویه سوم در حضور نویز

۶- مراجع

[1] J, Fang. and Li, W. Four degrees of freedom SCARA robot kinematics modeling and simulation analysis. International Journal of Computer, Consumer and Control, 2(4), pp.20-27.2013.

[2] J, Fang. "Dynamic model of SCARA robot." In Applied Mechanics and Materials, vol. 442, pp. 476-479. Trans Tech Publications Ltd, 2014.

[3] J.F., Jiang, H.Z., Cong, D.C., Ye, Z.M., and Han, J.W., He, "A Survey On Control Of Parallel Manipulator ," Key Engineering Materials, 2007.

[4] N, Surapong. and Mitsantisuk, C. Position and force control of the SCARA robot based on disturbance observer. Procedia Computer Science, 86, pp.116-119.2016.

۷- معرفی افراد

مرضیه خلیلی

در سال ۱۳۷۳ در اهواز متولد شد. مدرک کارشناسی خود را از دانشگاه صنعتی قوچان در رشته مهندسی رباتیک در سال ۱۳۹۶ گرفت. همچنین وی در حال حاضر دانشجوی رشته برق گرایش کنترل در دانشگاه تربیت مدرس تهران است. زمینه‌های علاقمندی: رباتیک، کنترل غیرخطی، یادگیری ماشین و اسکلت‌های بیرونی توانبخشی است.

مینا عکرش

متولد سال ۱۳۷۳ اهواز، در سال ۱۳۹۵ مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق گرایش کنترل از دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور اخذ نمود و هم اکنون دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق دانشگاه تربیت مدرس تهران است. از علاقه‌مندی‌های وی می‌توان به کنترل غیرخطی، تشخیص و جداسازی عیب و هوش مصنوعی اشاره نمود. همچنین از سال ۱۳۹۸ عضویت رسمی دانشجویی IEEE، از سال۱۳۹۹ عضویت در انجمن‌علمی مهندسی برق و کامپیوتری دانشگاه تربیت مدرس از سال، ۱۳۹۹ عضویت در تیم اجرایی نشریه برقکام در چاپ اول و هم‌اکنون در سال ۱۴۰۰ سردبیر نشریه برقکام در چاپ دوم دانشگاه تربیت مدرس از جمله فعالیت‌های اجرایی وی به شمار می‌آیند.

بررسی روش‌های تشخیص عیب در سامانه های الکترومکانیکی

محمدرضا کاویانپور [۱]

۱- دکتری، تربیت مدرس، تهران، kavianpour@modares.ac.ir

چکیده

با توجه به اهمیت روزافزون بحث تشخیص عیب سامانه های الکترومکانیکی، نیاز به ارائه راهکاری عملی‌تر و کاربردی‌تر با دقتی مناسب برای تشخیص عیب این دسته از سامانه‌ها در محیط‌های صنعتی حس می‌شود. با توجه به عیوب مختلفی که در این دسته از سامانه ها رخ می‌دهد همانند عیوب یاتاقان، عیب روتور، عیب استاتور و ... ارائه راهکاری جامع برای تشخیص به موقع این دسته از عیوب لازم است. در این پژوهش به طور ویژه به تشریح روش‌های یادگیری ماشین کلاسیک و روش‌های یادگیری عمیق پرداخته شده است.

کلیدواژگان : تشخیص عیب، یادگیری ماشین، یادگیری عمیق

Abstract

Due to the growing importance of debugging electromechanical systems, there is a need to provide a more practical and practical solution with appropriate accuracy to Fault Detection these systems in industrial environments. Due to the various defects that occur in this category of systems, such as bearing defects, rotor defects, stator defects, etc., it is necessary to provide a comprehensive solution for timely detection of these defects. In this research, classical machine learning methods and deep learning methods have been specifically described.

keywords : Fault Detection, machine learning, deep learning

۱- مقدمه

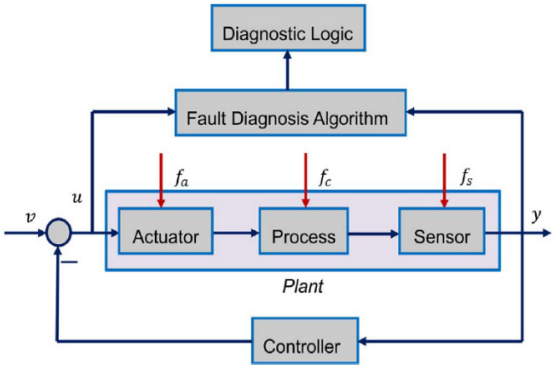
امروزه کاربرد ماشین‌های دوار در صنایع رو به افزایش است. از یک‌سو ماشین‌های دوار عموما بخش قابل توجهی از سرمایه‌ی یک کارخانه محسوب می‌شوند و از طرفی دیگر، به‌خاطر نقش کلیدی که اغلب در صنایع ایفا می‌کنند، دارای اهمیت زیادی هستند. به عنوان مثال الکتروپمپ‌های گریز از مرکز در برخی از کاربردها، نقش منتقل کننده سیال خنک کننده را برای سامانه ایفا می‌کنند. در صورت خرابی کامل یا رخداد عیب در این دسته از ماشین‌های دوار، خسارات جبران‌ناپذیری به دستگاه‌های خنک شونده موجود در آن کارخانه وارد می‌شود؛ بنابراین مبحث پایش وضعیت و کنترل و نظارت بر روی عملکرد و حالت‌های مختلف ماشین‌های دوار (سالم یا معیوب

بودن) دارای اهمیت بسیاری است[۱].

عیب به عنوان یک انحراف غیرمجاز د.ر حداقل یکی از ویژگی‌های مشخصه یا پارامترهای سیستم از شرایط استاندارد یا معمولی یا قابل قبول سیستم تعریف می‌شود. بعنوان مثال‌هایی از این اختلالات، می‌توان به مسدود شدن یکی از عملگرها، از دست دادن یکی از حسگرها (به عنوان مثال، سنسور در یک مقدار مشخص ثابت می‌ماند) یا قطع ارتباط اجزای سیستم اشاره کرد. از این رو، عیوب به سه دسته‌ی عیوب عملگری، عیوب حسگری و عیوب پلنت (که عیوب پارامتری یا عیوب اجزا هم نامیده می‌شود) طبقه بندی می‌شود. این عیوب در عملیات کنترل‌گر وقفه ایجاد می‌کنند یا خطای اندازه‌گیری قابل توجهی دارند یا به‌طور مستقیم ویژگی‌های دینامیکی ورودی یا خروجی سیستم را تغییر می‌دهد و منجر به تضعیف عملکرد سیستم و حتی خسارت و متلاشی‌شدن کل سیستم شود [۱].

۲ – مراحل تشخیص عیب

برای افزایش قابلیت اطمینان سیستم، تشخیص عیب معمولا برای کشف عیب، تعیین محل رخداد عیب و شناسایی عیب با استفاده از مفهومی به نام افزونگی به کار می‌رود. افزونگی‌ها به دو دسته‌ی کلی افزونگی‌های سخت افزاری و افزونگی نرم افزاری (افزونگی تحلیلی) تقسیم می‌شوند. ایده‌ی اصلی افزونگی سخت افزاری استفاده از اجزایی یکسان، با سیگنال‌های ورودی برابر است تا سیگنال‌های خروجی را با هم مقایسه کنند و در نهایت عیب توسط روش‌هایی مانند بررسی حد آستانه تشخیص داده شود. افزونگی سخت‌افزاری قابل اطمینان است اما گران است و هم‌چنین فضای زیادی را در سیستم اشغال می‌کند. با پیشرفت تئوری کنترل مدرن، تکنیک افزونگی تحلیلی به جریان اصلی تحقیقات در زمینه‌ی تشخیص عیب از دهه‌ی ۱۹۸۰ میلادی بدل شد که طرحواره‌ی آن در شکل ۱ آمده است. برای یک سیستم کنترلی با ورودی u و خروجی y، در معرض عیب عملگری fa، عیب اجزا یا فرآیند fc و عیب حسگری fs ، یک الگوریتم تشخیص عیب استفاده شده است تا سازگاری اطلاعات آینده‌ی یک فرآیند زمان واقعی که اطلاعات ورودی و خروجی را در بر دارد، در قیاس با اطلاعات قبلی سیستم سالم بررسی کند و با استفاده از یک منطق تشخیصی، درباره معیوب یا سالم بودن سامانه تصمیم بگیرد. در قیاس با روش افزونگی سخت‌افزاری، روش تشخیص افزونگی تحلیلی کم‌هزینه‌تر است، اما بخاطر نویزهای محیطی، خطای مدل‌سازی اجتناب‌ناپذیر و پیچیدگی‌های دینامیک سیستم و ساختار کنترلی، روش پر چالش‌تری است[۱].



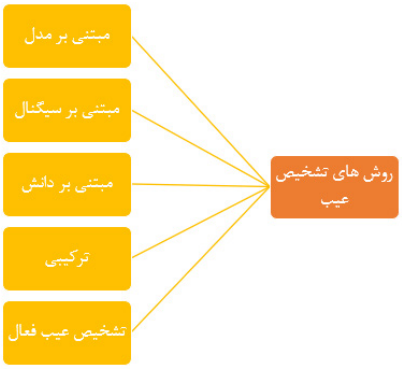
شکل ۱: تشخیص عیب مبتنی بر افزونگی تحلیلی [۲].

تشخیص عیب شامل سه مرحله است:
- کشف عیب
- جداسازی عیب
- شناسایی عیب

کشف عیب، اغلب مهم‌ترین بخش از مراحل تشخیص عیب است که به بررسی وجود عیب یا اشکال در عملکرد سیستم و محاسبه‌ی زمان رخداد آن عیب می‌پردازد. در مرحله جداسازی عیب، محل رخداد عیب تعیین می‌شود و در مرحله‌ی شناسایی عیب، نوع، شکل و اندازه‌ی عیب محاسبه می‌شود. به وضوح، محل اجزای معیوب و تعیین درجه‌ی خرابی آن‌ها که توسط نوع، شکل و اندازه عیوب قابل تشخیص است، امری مهم برای جبران‌سازی عیب در سیستم است.

۳– انواع روش‌های تشخیص عیب

روش‌های تشخیص عیب به پنج دسته کلی تقسیم می‌شوند که در شکل ۱ آورده شده است که در ادامه به معرفی روش‌های عیب یابی مبتنی بر مدل و مبتنی بر سیگنال می‌پردازیم.



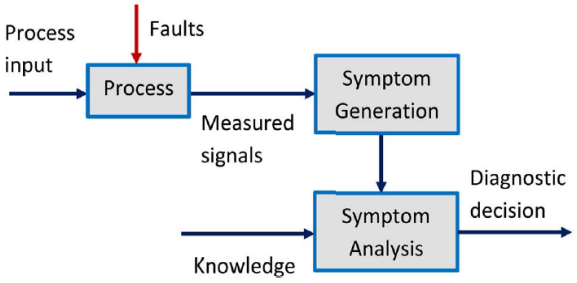
شکل ۲: تشخیص عیب مبتنی بر افزونگی تحلیلی

۳-۱- روش‌های مبتنی بر مدل

در روش تشخیص عیب مبتنی بر مدل[1]، نیاز به مدل‌های فرآیندهای صنعتی یا سیستم‌های عملی وجود دارد که می‌توان از طریق اصول فیزیکی یا تکنیک‌های شناسایی سیستم به آن دست یافت. بر پایه‌ی این مدل، الگوریتم‌های تشخیص عیب برای نمایش سازگاری بین خروجی‌های اندازه‌گیری‌شده و خروجی‌های مدل پیش‌بینی شده توسعه یافته‌اند [۱].

۳-۲- روش‌های مبتنی بر سیگنال

در روش تشخیص عیب مبتنی بر سیگنال[2] از سیگنال‌های اندازه‌گیری‌شده به‌جای مدل ورودی- خروجی سیستم استفاده می‌شود. عیوب فرآیندها در سیگنال‌های اندازه‌گیری شده منعکس می‌شوند. با کمک استخراج ویژگی‌های مختلف، یک روش تشخیص عیب، مبتنی برتحلیل نشانه‌ها[3] و ویژگی‌های سیگنال و دانش قبلی از ویژگی‌های سیستم سالم، ایجاد می‌شود. روش‌های تشخیص عیب مبتنی بر سیگنال دارای کاربرد وسیعی در پایش زمان- واقعی، تشخیص عیوب برای موتورهای القایی، مبدل‌های قدرت[4] و اجزای مکانیکی در یک سیستم است. یک طرحواره از روش تشخیص عیب مبتنی بر سیگنال در شکل ۳ آورده شده است. روش های مبتنی بر سیگنال در حالت کلی به دو دسته ی روش‌های یادگیری ماشین کلاسیک و روش‌های یادگیری عمیق تقسیم می‌شوند که در ادامه به آن ها پرداخته می‌شود.

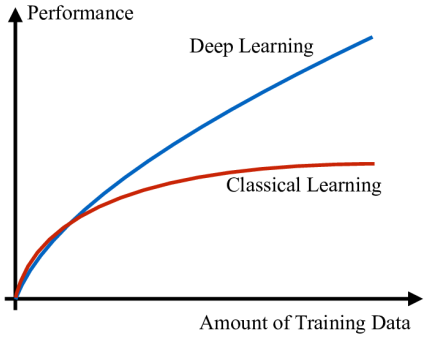


شکل ۳: طرحواره‌ی روش تشخیص عیب مبتنی بر سیگنال [۲].

۴- روش‌های یادگیری ماشین کلاسیک

در این دسته از روش‌ها بعد از اکتساب داده های مربوط به هر کلاس از وضعیت سلامت سامانه از حسگر و انجام پیش‌پردازش‌های لازم همانند نرمال‌سازی مجموعه داده و نویز زدایی از سیگنال، با استفاده از تکنیک‌های مختلفی به استخراج ویژگی پرداخته می‌شود. این تکنیک‌ها می‌توانند استخراج ویژگی آماری از سیگنال حوزه زمان، فرکانس و یا زمان- فرکانس باشد. بعد از استخراج ویژگی، ویژگی‌های مناسب انتخاب می‌شوند و با استفاده از از تکنیک‌هایی همانند تحلیل مولفه اساسی ابعاد ویژگی‌ها کاهش می‌یابد. در انتها ویژگی‌های انتخاب شده مربوطه به هر دسته به طبقه‌بندهای مبتنی بر یادگیری ماشین داده می‌شوند. طبقه‌بندهای معروف این حوزه، k- نزدیک‌ترین همسایه، ماشین بردار پشتیبان، درخت تصمیم و شبکه عصبی مصنوعی هستند. به روش‌های یادگیری ماشین کلاسیک معمولا روش یادگیری ماشین کم عمق گفته می‌شود. برای عملکرد مناسب این دسته از روش‌ها، تعداد زیادی از ویژگی‌های مناسب باید با دقت انتخاب شوند تا پیچیدگی‌های محاسباتی کاهش یابد و از کاهش دقت طبقه‌بندی جلوگیری کند [۲].

1 Model-based fault diagnosis
2 Signal-based fault diagnosis
3 Symptom
4 Power converters

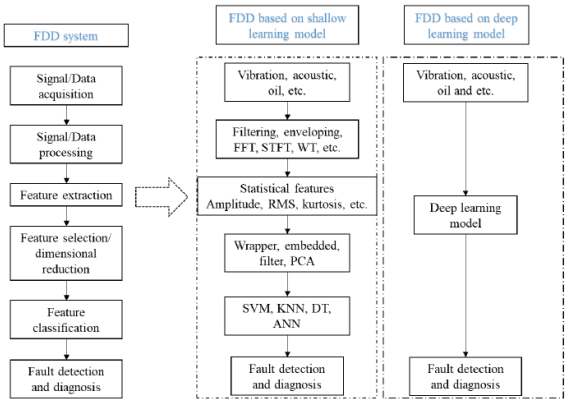


شکل ۴ : عملکرد مدل یادگیری عمیق و مدل یادگیری ماشین کلاسیک بر حسب میزان داده آموزش

۵ – روش های یادگیری عمیق

در این روش بعد از پیش‌پردازش، عموما مجموعه داده مستقیما به یک شبکه یادگیری عمیق داده می‌شوند تا ویژگی‌ها مستقیما استخراج شوند. این روش‌ها دیگر نیازی به مهندسی ویژگی و انتخاب ویژگی ندارد بلکه شبکه‌های یادگیری عمیق خود بخود بهترین ویژگی‌ها را استخراج می‌کنند. روش‌های یادگیری عمیق دارای کاربردهای بسیاری در پردازش زبان طبیعی، پردازش تصویر و تشخیص عیب سامانه‌های الکترومکانیکی است. این روش در طی سالیان اخیر با پیشرفت سخت‌افزارها و همچنین بسترهای مناسب برنامه نویسی همچون گوگل کولب بسیار پرکاربرد شده است. از انواع روش‌های مرسوم یادگیری عمیق که برای تشخیص عیب سامانه‌های الکترومکانیکی می‌توان به شبکه عصبی کانولوشنی (CNN)، شبکه عصبی بازگشتی (RNN)، شبکه مولد تخاصمی (GAN) و ... اشاره کرد. مطابق شکل ۴ هر چه حجم داده ورودی بیشتر باشد، شبکه‌های یادگیری عمیق عملکرد بهتری را نسبت به روش‌های یادگیری ماشین خواهند داشت. از مزایای روش یادگیری عمیق نسبت به روش‌های کلاسیک می‌توان به موارد زیر اشاره کرد[۱] :

- **بهترین عملکرد:** پیچیدگی توابع محاسباتی به صورت نمایی با عمق مدل افزایش می‌یابد. روش DL زمانی که پیچیدگی مسئله زیاد باشد یا داده‌ها مربوط به دامنه‌های مختلف باشند عملکرد بهتری نسبت به روش کلاسیک دارد.
- **استخراج خودکار ویژگی:** روش کلاسیک تشخیص عیب مبتنی بر مهندسی ویژگی هستند و ویژگی‌ها به صورت دستی استخراج می‌شوند. این الگوریتم نیاز به تجربه و تلاش انسانی و همچنین دانش نسبت به روش‌های استخراج و انتخاب ویژگی دارد. این در حالی است که در روش‌های DL، نیازی به مهندسی ویژگی ندارند و اصطلاحا مبتنی بر یادگیری ویژگی هستند. در این روش‌ها، داده‌ها می‌توانند به صورت خام و بدون پیش‌پردازش‌های لازم، به شبکه داده شوند و ویژگی‌ها به صورت اتوماتیک استخراج شوند و به طبقه‌بند موجود در شبکه داده شوند که به این رویکرد، یادگیری عمیق پایان به پایان گفته می‌شود. (البته در صورتی که بجای داده‌های خام، ویژگی به ورودی شبکه یادگیری عمیق داده شود یا طبقه‌بند مورد استفاده، طبقه‌بندهای روش کلاسیک (SVM، kNN و ...) باشد، به آن یادگیری عمیق جدا از هم گفته می‌شود.)
- **قابلیت انتقال:** عملکرد مناسب و قدرتمند شبکه عصبی عمیق آموزش دیده در یک دامنه خاص منجر به این می‌شود که بتوان آن را تعمیم داد یا به راحتی آن را به تنظیمات یا دامنه‌های دیگر انتقال داد. DL قابلیت این را دارد که با مسائل جدید اما مرتبط به آسانی تطبیق پیدا کند. یادگیری انتقالی یکی از مباحث مهم در حوزه یادگیری ماشین است که با افزایش روزافزون حجم داده‌ها و پیشرفت‌های سخت‌افزاری توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. بخاطر اینکه یادگیری‌های جدید در شبکه‌های یادگیری عمیق زمانبر و پرهزینه است و در برخی از کاربردها، روش یادگیری عمیق به طور کلی پاسخ مناسبی به داده‌ها نمی‌دهد، از یادگیری انتقالی برای فائق آمدن بر این چالش‌ها استفاده می‌شود.



شکل ۵ : مقایسه روش‌های تشخیص عیب مبتنی بر یادگیری ماشین کلاسیک (کم عمق) و یادگیری عمیق

۶- نتیجه‌گیری

در این پژوهش با توجه به اهمیت تشخیص صحیح و به موقع عیب در صنعت به معرفی انواع روش‌های عیب‌یابی به طور کلی پرداخته شده است. با توجه به اهمیت بیشتر روش‌های مبتنی بر سیگنال نسبت به روش‌های مبتنی بر مدل در کاربردهای صنعتی در این پژوهش به اختصار به معرفی روش‌های یادگیری ماشین کلاسیک و روش‌های یادگیری عمیق و مزایا و محدودیت‌های آنها به عنوان دو روش عمده پرداخته شده است.

۷- مراجع

[1] Xu, Y., Li, Z., Wang, S., Li, W., Sarkodie-Gyan, T., & Feng, S. (2021). A hybrid deep-learning model for fault diagnosis of rolling bearings. Measurement, 169, 108502.

[2] Dong, X., Li, G., Jia, Y., & Xu, K. (2021). Multiscale feature extraction from the perspective of graph for hob fault diagnosis using spectral graph wavelet transform combined with improved random

۸- معرفی افراد

محمدرضا کاویان پور

دانشجوی دکتری کنترل از دانشگاه تربیت مدرس، پژوهشگر حوزه هوش مصنوعی و علم داده

تکامل ارتباطات سیار و طراحی ایستگاه پایه (BTS)

مهدی غفوری وایقان [۱]

۱- کارشناس ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، عضو دانشجویی IEEE، m.ghafourivayghan@modares.ac.ir

چکیده

استفاده از دستگاه های تلفن همراه در چند دهه گذشته به سرعت در حال رشد است و در آینده نزدیک نیز همین روند ادامه خواهد داشت ، زیرا تعداد جهانی اشتراک های تلفن همراه دائماً در حال افزایش است و برنامه ها بیشتر با داده ها روبرو هستند. تکامل مداوم ارتباطات سیار همراه با ظهور چندین سیستم ارتباطی بی سیم ، جامعه آنتن را برای طراحی سیستم های آنتن کوچک جدید قادر به تأمین نیازهای بازار می کند.
در این مقاله به بررسی تحولات ارتباطات سیار و طراحی ایستگاه پایه(BTS) و تأثیر مربوط به آن در تکامل طراحی آنتن های ایستگاه پایه (BTS) در نسل های مختلف ارتباطات سیار از پرداخته شده است.

کلیدواژگان : ارتباطات سیار، آنتن، ایستگاه پایه(BTS)، نسل های مختلف موبایل

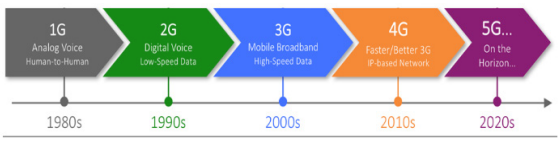
Abstract

The use of mobile devices has been growing rapidly for the last few decades, and the same trend will continue in the near future, as the global number of mobile subscriptions is constantly increasing and applications are more and more data-intensive .The constant evolution of mobile communications together with the emergence of multiple wireless communication systems fosters the antenna community to design new compact antenna systems capable of satisfying the market demands.
This paper examines the evolution of mobile communications and base station design (BTS) and its impact on the evolution of base station antenna (BTS) design in different generations of mobile communications.

Keywords: Mobile antennas, base stations (BTS), different generations of mobile communications,

۱ – سیر تکاملی ارتباطات سیار

هنگامی که ارتباطات تلفن همراه توصیف میشود، فناوری، سرعت، فرکانس و سیستم کلی در نسل های عددی مانند 4G،3G یا 5G مورد توجه قرار میگیرد. هر نسل دارای فناوری های منحصر به فردی است که آن را تعریف می کند. سیر تکاملی ارتباطات سیار در شکل ۱ آورده شده است.



شکل۱: سیر تکاملی ارتباطات سیار.[۱]

اولین نسل شبکه تلفن همراه تجاری در اواخر دهه ۷۰ با استانداردهای کامل تعریف و در دهه ۸۰ پیاده سازی شد[۱]. سیگنال های رادیویی مورد استفاده توسط 1G سیگنال های آنالوگ

بودند به این معنی که صدای تماس به جای رمزگذاری در سیگنال های دیجیتال با فرکانس بالاتر مدوله می شد. سیگنال های آنالوگ با گذشت زمان و افزایش طول مسیر کاهش می یابند به این معنی که داده های صوتی اغلب در یک تماس کیفیت مطلوبی ندارند. در مقایسه میان ارتباطات آنالوگ و دیجیتال، برای ارتباطات دیجیتال میتوان مقدار بیشتری از داده ها را به طور موثر منتقل کرد. در اوایل دهه ۹۰ فناوری GSM به عنوان استاندارد نسل دوم مخابرات 2G معرفی شد. فناوری GSM این امکان را برای ارسال صدا و داده های دیجیتال از طریق شبکه فراهم می کند. همچنین برای اطمینان از بهبود امنیت و حفظ حریم خصوصی تماس های تلفنی، از سیگنالینگ و داده ها به صورت محرمانه و تأیید اعتبار ایستگاه موبایل استفاده شده است. پیشرفت فناوری از 1G به 2G بسیاری از خدمات اساسی را که امروزه نیز مورد استفاده قرار میگیرند مانند پیام کوتاه، بازی آنلاین، تماسهای کنفرانسی، نگهداری تماس و صورتحساب براساس سرویس ها میسر کرد.

در بین سالهای ۲۰۰۰ و ۲۰۰۳، با ارتقا در فن آوریها، شبکه بستهای ارائه شد که انتقال داده و اینترنت پرسرعت را فراهم می کرد و به ۲,۵G معروف شد. این استانداردها شامل GPRS (سرویس رادیویی بستههای عمومی) و EDGE (نرخ داده های پیشرفته در GSM) بود. GPRS از نرخ انتقال داده انعطاف پذیر و اتصال مداوم با شبکه پشتیبانی می کند. همچنین به ارائه دهنده خدمات این امکان را داد تا مقدار داده ارسال شده را به جای زمان اتصال آن ها هزینه کند.

اهداف تعیین شده برای ارتباطات سیار نسل سوم (3G) به صورت تجاری در سال ۲۰۰۱، تسهیل ظرفیت صوتی و داده بیشتر، پشتیبانی از طیف وسیع تری از برنامه ها و افزایش انتقال دادهها با هزینه کمتر بود[۲]. برای اولین بار این نسل از اینترنت پر سرعت و همچنین اینترنت بیسیم ثابت و امکان مکالمه ویدیویی، گفتگو و کنفرانس، خدمات ویدیویی درخواستی، نقشه های ناوبری، ایمیل، بازی موبایل، موسیقی و خدمات دیجیتال مانند فیلم ها پشتیبانی می کند. به طور قابل توجهی ویژگی های امنیتی بیشتر در 3G از جمله دسترسی به شبکه، امنیت دامنه و امنیت برنامه ارائه شده است.

ارتباطات سیار نسل چهارم (4G) یک سیستم شبکه مبتنی بر IP است که در سال ۲۰۱۰ آغاز شده است[۳]. هدف آن ارائه سرعت بالا، کیفیت بالا و ظرفیت بالا به کاربران ضمن بهبود امنیت و کاهش هزینه خدمات صوتی و داده ای، چندرسانه ای و اینترنت از طریق IP بود. یکی از مزایای عمده یک شبکه مبتنی بر IP این بود که این شبکه قادر بود صدا، داده را به فناوری های UMTS،GSM و CDMA۲۰۰۰ از زیرساخت های نسل قبلی انتقال دهد. نسل چهارم استاندارد LTE را ارائه داد که فقط از سوئیچینگ بسته و یک شبکه IP کامل پشتیبانی می کرد. در ارتباطات سیار نسل چهارم مقدار قابل توجهی از تغییرات زیرساختی وجود داشت که باید توسط تأمین کنندگان خدمات برای تأمین فراهم شود زیرا تماس های صوتی در UMTS،GSM و CDMA از طریق سوئیچ مدار تغییر میکنند، بنابراین با تصویب LTE، شرکت های مخابراتی مجبور شدند مهندسی شبکه تماس صوتی خود را دوباره انجام دهند. با این حال، LTE نمیتوانست مشخصات را برآورده کند، اما جانشین آن LTE-Advanced این کار را انجام داد [۴]. شبکه های 4G از بیش از ۴۰ باند فرکانسی در سراسر جهان استفاده کردند [۲]، [۴] و با استفاده از تکنیک هایی مانند MIMO و تجمع حامل [۵] حداکثر انتقال داده ۱ گیگابایت بر ثانیه را فراهم کردند.

نسل پنجم ارتباطات سیار (5G) نسل بعدی شبکه تلفن همراه تجاری است که سرعت اتصال اینترنت را به میزان قابل توجهی افزایش داده است.یکی از مزایای اصلی5G افزایش اتصال به عنوان نقطه اصلی فروش 5G اینترنت اشیاست که از حداکثر سرعت اتصال بیشترین بهره را میبرد تا امکان یکپارچه سازی دستگاه ها در مقیاسی فراهم شود که قبلاً هرگز قابل دستیابی نبوده است. این قابلیت در باندهای جدید زیر ۶ گیگاهرتز برای عملکرد گسترده Massive MIMO مانند موج میلیمتری برای افزایش سرعت داده و ظرفیت بالاتر مورد استفاده قرار می گیرد. [۶].

۲ – تکامل آنتن های ایستگاه پایه (BTS)

آنتن ایستگاه پایه و همچنین عملکرد واضح آن در ایجاد پیوندهای ارتباطی بین یک ایستگاه پایه و یک ترمینال تلفن همراه ظرفیت کانال و

نسبت سیگنال به نویز (SNR) را بهبود میبخشد [۷]. محققان بر استفاده از آنتن هوشمند و فناوری هایی برای ساخت آنتن های ایستگاه پایه که در آن میتوان از فرکانس های یکسان در همان سلول استفاده کرد و باعث افزایش حداکثر تعداد کاربران در سلول بدون اختصاص باند فرکانس رادیویی اضافی شد تمرکز کرده اند.

در اواسط دهه ۱۹۹۰ اصطلاح آنتن هوشمند برای توصیف سیستم های آنتن معرفی شد که دارای توانایی تخمین سیگنال مفید جهت ورود (DOA) هستند. امروزه این اصطلاح گسترش یافته است و شامل سیستم های آنتن است که می توانند پارامترهای آنها مانند الگوهای تابش، باندهای فرکانس، هندسه ها و غیره را کنترل کنند[۸].

سیستم های آنتن ایستگاه های پایه از روزهای اولیه ارتباطات آنالوگ و دیجیتال همراه که به طور معمول در یک فرکانس فعالیت میکنند تا سیستم های نسل چهارم LTE که از باند های طیف رادیویی متعدد و فرکانس های بالاتر پشتیبانی میکنند به طور قابل توجهی تکامل یافته اند.

جدول ۱ شامل مهم ترین باندهای فرکانسی در سراسر جهان است. با این حال باندهای فرکانس دیگری در برخی از کشورها به خدمات ارتباطات سیار اختصاص یافته است[۲].

جدول ۱: باندهای فرکانسی

Frequency Band	Short reference
450 - 470 MHz	450 MHz
800 - 890 MHz	800 MHz
870 - 960 MHz	900 MHz
1710 - 1880 MHz	1800 MHz
1850 - 1990 MHz	1900 MHz
1900 - 2170 MHz	2100 MHz
2170 - 2710 MHz	2600 MHz
3300 - 3800 MHz	5G Sub-6 GHz (B1)
4800 - 5000 MHz	5G Sub-6 GHz (B2)
24-86 GHz	5G mm-Wave

در مخابرات سلولی انتقال از یک ایستگاه پایه downlinkبه یک دستگاه تلفن همراه به عنوان تعریف میشود در حالی که جهت مخالف آن یعنی از دستگاه تلفن همراه به ایستگاه پایه، به شناخته می شود. بودجه ارتباط uplinkعنوان باید به طور uplink و downlinkرادیویی برای مستقل با کمترین محدودیت در نهایت پوشش رادیویی تلفن همراه محاسبه شود. شبکه های تلفن همراه در مقایسه با ایستگاه پایه رادیو به دلیل کمبود انتقال قدرت دستگاه همراه، به طور معمول اتصال مجدد دارند. چندین تکنیک و در حالت uplinkبرای افزایش عملکرد رادیویی پیکربندی سیستم های آنتن در هر دو ایستگاه پایه و دستگاه های تلفن همراه قابل مشاهده است [۹].

در این بخش، با معرفی تلفن همراه دیجیتال با GSM، تکامل سیستم های آنتن ایستگاه پایه بررسی میشود. سیستم های آنتن GSM برای درک تکامل سیستم های ۳G UMTS و ۴G LTE مهم هستند زیرا اشتراکات زیادی با نسل های بعدی ارتباطات سیار وجود دارد. با این حال سطح یکپارچه سازی عملکردی در سیستم های مدرن بدان معنی است که بسیاری از این اجزا لزوما به صورت مستقل در کنار یکدیگر قرار نمی گیرند.

شبکه های GSM در اوایل دهه ۱۹۹۰ ظهور کردند و ابتدا در باند ۹۰۰ مگاهرتز به عنوان سیستم آنالوگ کار می کردند که امکان ترکیب آن با آنتن های موجود را فراهم می کرد. با توجه به محبوبیت روزافزون تلفن های همراه لازم بود اپراتورها شبکه های متراکم تری از سایت های همراه برای مدیریت ظرفیت و در عین حال گسترش پوشش جغرافیایی برای تأمین تقاضای خدمات ایجاد کنند. این مسئله همراه با معرفی چندین اپراتور جدید شبکه تلفن همراه به بازار تلفن همراه منجر به برنامه گسترده ای از گسترش سایت سلول و تکامل سریع در سیستم های آنتن شد[۱۰]. اگرچه GSM در ابتدا برای کار در باند ۹۰۰ مگاهرتز مشخص شده بود اما نسخه فرکانس بالاتر GSM1800، برای باند ۱۸۰۰ مگاهرتز معرفی شد.

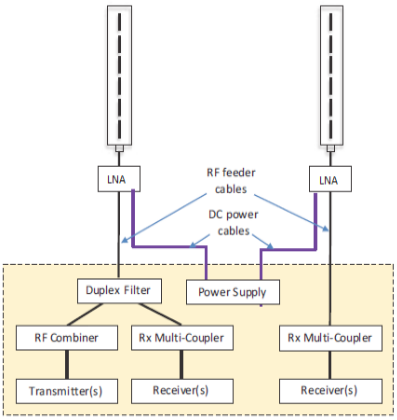
۳ – سیستم های آنتن برای GSM2G

سیستم های آنتن ایستگاه پایه GSM اولیه با تکنیکی شناخته می شوند که به عنوان تنوع فضایی شناخته می شود یعنی سیستمی که در آن دو آنتن گیرنده در ایستگاه پایه برای بهبود uplink مستقر می شوند. این آنتن ها به گونه ای در فضا جدا می شوند که محوشدگی آن ها از هم ناهمبسته می شود و در نتیجه تماس های drop شده کاهش می یابد. محو شدن به دلیل ترکیبی از اجزای چند مسیرگی سیگنال دریافت شده از دستگاه همراه است که از طریق

بازتاب های متعدد به جای خط دید مستقیم وارد می شود [۱۱].

یکی از موارد اساسی در تعیین استفاده از آنتن های دارای تنوع فضایی اندازه سازه و قاب نصب است. به طور معمول، یک ایستگاه پایه نیاز به تفکیک حداقل ده طول موج بین دو آنتن گیرنده دارد (یعنی جداسازی ۳,۳ متر در ۹۰۰ مگاهرتز و ۱,۶۷ متر در ۱۸۰۰ مگاهرتز). استقرار آنتن های همه جهته در اوایل راه اندازی GSM برای اپراتورها کاملاً معمول بود که به طور موثر در این مجموعه از تجهیزات فرستنده و گیرنده رادیویی که پوشش آن تا ۳۶۰ درجه است استفاده شده است. برای این منظور سه مجموعه تجهیزات گیرنده رادیویی مورد نیاز است که استقرار سایت سه سلولی گران تر خواهد بود اگرچه این حالت ظرفیت بیشتری را ارائه می دهد و از همه مهمتر در روزهای اولیه پوشش جغرافیایی بیشتر به دلیل گین بالای آنتن که میتواند از طریق یک پرتوی فرکانس رادیویی متمرکزتر (یعنی ۱۲۰ درجه به جای ۳۶۰ درجه) به دست آید [۱۲].

شکل ۱,۲ استقرار کامل RF سلول واحد برای سایت سه سلولی را نشان می دهد. برای ایجاد پوشش ۳۶۰ درجه، دو بخش سلول اضافی نیز به همین ترتیب ساخته می شوند. بسته به ظرفیت ترافیکی ارائه شده، بیش از یک گیرنده انتقال دهنده (متشکل از یک فرستنده و دو گیرنده به همراه قابلیت پردازش مرتبط) در هر بخش سلول ممکن است در بستر قرار گیرند [۱۰].



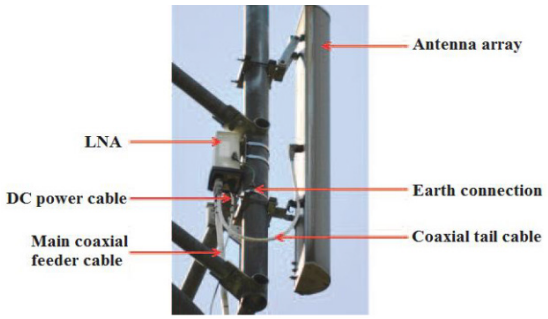
شکل ۲: سیستم RF و آنتن معمولی ایستگاه پایه GSM۱۸۰۰ [۱۳]

چندین سیگنال منتقل شده با استفاده از یک ترکیب کننده RF ترکیب میشوند تا یک خروجی منفرد حاوی چندین سیگنال RF (اگر بیش از یک گیرنده) داشته باشند. خروجی ترکیبی ورودی به فیلتر duplex را تشکیل میدهد که آنتن را قادر می سازد همزمان انتقال داده و دریافت داده انجام دهد. به این ترتیب یک آنتن از جفت تنوع فضایی یک انتقال دهنده یا گیرنده است در حالی که دیگری در بیشتر فقط دریافت می کند.

سمت آنتن فیلتر duplex با استفاده از فید RF کابل کواکسیال ۵۰ اهم به تقویت کننده LNA نصب شده به صورت برج گسترش یافته است. LNA مربوط به آنتن انتقال یا دریافت شامل دو فیلتر duplex می‌باشد. یکی از دو طرف تقویت کننده دریافت است که سیگنال منتقل شده را از دریافت تقسیم کرده و به سیگنال منتقل شده بدون هیچ گونه تغییر(هر چند با میرایی جزئی) از طریق LNA عبور می کند و در صورت از دست دادن منبع تغذیه DC، LNA تحت تأثیر قرار نمی گیرد. یک کابل کواکسیال کوتاه LNA را به آنتن متصل میکند که سیگنال منتقل شده از آن تابش میشود. در جهت دریافت، سیگنال به یک یا هر دو آنتن می رسد و به LNA منتقل می شود که در آن فیلتر duplexسیگنال دریافت شده ضعیف را به تقویت کننده هدایت می کند که دارای یک افزایش معمول از ۱۲ دسیبل به ۱۵ دسیبل است. پس از تقویت،فیلتر duplex به سیگنال دریافتی اجازه انتقال پایین فیدر اصلی RF به فیلتر duplex مستقر در ایستگاه پایه را می دهد. فیلتر duplex سیگنال های دریافتی را به دو قسمت اولیه و متنوع دریافتی چند کوپلری هدایت می کند (در آنتنی که فقط گیرنده است نیازی نیست). تقسیم کننده های سیگنال RF فعال هستند که تعدادی نمونه از سیگنال دریافتی را تولید می کنند که یکی برای هر گیرنده اصلی و دیگری برای هر گیرنده متنوع دریافتی چندکوپلری. کوپلرهای چندگانه شامل تقویت کننده ها برای جبران تلفات وارده توسط تقسیم سیگنال می‌باشد. الگوریتم های پردازش سیگنال دیجیتال در ایستگاه پایه تعیین میکنند که آیا بهترین سیگنال از یک مسیر دریافت میشود یا مسیر دیگر یا ترکیب دو سیگنال باعث بهبود اوضاع می شود. بسیاری از اجزای RF یک ایستگاه پایه GSM اولیه متعاقباً ادغام

شده و یک ماژول گیرنده واحد را تشکیل می دهند [۱۳].

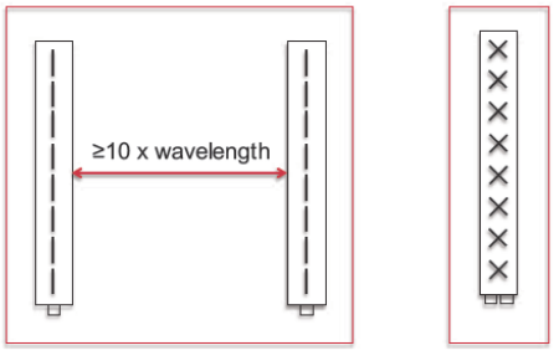
کابل منبع تغذیه DC برای LNA در مورد LNA های اولیه صادق بود (در شکل ۳ نشان داده شده است) اگرچه با تکامل اجزااز دستگاه Bias-T استفاده میشود. دستگاه Bias-T برق DC را از ایستگاه پایه میگیرد و کابل اصلی کواکسیال RF را به گونه ای اعمال می کند که در انتقال رادیویی سلولی در فرکانس بالاتر تداخل ایجاد نکند. عملکرد Bias-T در LNA معکوس میشود زیرا LNAبرق DC مورد نیاز دسترسی پیدا کند تا تقویت کننده به درستی کار کند.



شکل۳: آنتن با قطبش عمودی از یک جفت آنتن دارای تنوع فضا به همراه LNA[۷]

در اواخر دهه ۱۹۹۰ طرح جدیدی به جای تنوع فضایی مطرح شد که در آن از تنوع پلاریزاسیون استفاده شد. در این طرح،تمام انتقال موج های رادیویی در یک پلاریزاسیون مشخص عمل می کنند که متداول ترین آن عمودی یا افقی است. در این روش یک سیگنال با پلاریزاسیون عمودی دارای یک میدان الکتریکی است که عمود بر سطح زمین است در حالی که میدان الکتریکی یک سیگنال با پلاریزاسیون افقی موازی با سطح است از زمین تنوع پلاریزاسیون دو آنتن با پلاریزاسیون عمودی را با یک آنتن حاوی دو پورت (چهار آرایه داخلی) جایگزین شد این جهت ها در ۴۵ درجه عقربه های ساعت از عمودی و دیگری در ۴۵ درجه خلاف جهت عقربه های ساعت جهت گیری شدند. با حذف نیاز به تفکیک فضایی، میتوان از طیف جدیدی از برج های باریک تر و ستون های باریک و ستون های لامپ برای پشتیبانی از سیستم های آنتن سلولی استفاده کرد و از این طریق طراحی سایت های جدید و ابتکاری را امکان پذیر می کند [۷].

اگرچه تنوع فضایی عملکرد کمی بهتر از تنوع پلاریزاسیون دارد اما این عملکرد بهتر در مقابل مزایای عدم نیاز به ایجاد تنوع فضایی در طرحهای سایت و ساختار قرار میگیرد قابل صرف نظر می‌باشد. شکل ۴ مفهوم تنوع فضا در مقابل پلاریزاسیون را نشان میدهد. هر راه حل دارای دو پورت برای آنتن می‌باشد.



شکل :۴آنتن های فضایی با پلاریزاسیون عمودی (چپ) در مقایسه با آنتن تنوع پلاریزاسیون با قطبش ±۴۵ درجه (راست) [۱۴]

علاوه بر این، هرچه سایت های با فاصله زیاد برای پشتیبانی از ظرفیت بالاتر در مناطق پرجمعیت تر نزدیکتر می شوند عملکرد کمی ضعیف تر تنوع پلاریزاسیون کمتر مورد توجه قرار می گیرد. انعطاف پذیری بیشتر با طراحی سایت یک مزیت واقعی است. به همین ترتیب در مناطق روستایی، هنگامی که نتایج جدید عملکرد آنتن در ابزار مدل سازی منتشر شد در آن هنگام انتخاب مکان ها و پارامترهای سایت جدید، به طور خودکار مورد توجه قرار می گیرد. همانند تمام جنبه های مهندسی مخابرات، طراحی آنتن ایستگاه پایه یک میدان در حال تکامل است. آنتن ها با باند دوتایی و دو قطبی سازی پس از معرفی سیستم های 3G UMTS و به دنبال آن تیلت های الکتریکی از راه دور متداول شدند که این امر روند بهینه سازی شبکه را ساده می کند [۱۴].

۴ – راه اندازی 3GMUTS

معرفی 3GMUTS در باند ۲۱۰۰ مگاهرتز باعث استقرار سیستم های آنتن باند دوگانه شد که اکثرا از تنوع پلاریزاسیون اما با برخی سیستم های تنوع فضایی استفاده می کردند. دو سیستم برای پشتیبانی از باند های فرکانسی چندگانه در یک سیستم آنتن وجود دارد. در

روش اول آنتن میتواند پهن باند باشد و به همین ترتیب باندهای فرکانس عملکرد دو یا چند سیستم رادیویی تحت پوشش قرار می گیرند [۱۵]. روش دوم ادغام آرایه های آنتن متعدد در محفظه است به گونه ای که در هر باند دو آنتن وجود دارد [۱۶]. رویکرد آنتن با پهنای باند بالا گین کمتری دارد و فقط برای باندهایی که از نظر فرکانس نزدیک به یکدیگر هستند، یعنی ۱۸۰۰ مگاهرتز و ۲۱۰۰ مگاهرتز کاربردی است. رویکرد چند آنتن، حداکثر بهره را برای یک باند عملیاتی خاص تضمین میکند، اما به یک سیستم آنتن گسترده تر و گران تر نیاز دارد(شکل ۵).

شکل:۵ پنل های آنتن پسیو چهار پورت، دو بانده (۱۸۰۰ و ۲۱۰۰ مگاهرتز) [۱۶]

روند برنامه ریزی شبکه رادیویی و ملاحظات کاربردی طراحی سایت مشخص میکند که کدام روش معمولاً به صورت سایت به سایت مورد استفاده قرار می گیرد. رشد قابل توجه ترافیک داده های تلفن همراه منجر به تراکم بیشتر شبکه 3G با استفاده از ایستگاه های پایه کوچکتر با پوشش جغرافیایی محدود مستقر در نقاط مختلف برای افزایش ظرفیت شبکه شده است. این سایت های سلول کوچک اغلب به آنتن های کوچک و پوشیده شده نیاز دارند. گسترش شبکه های 3G یک کاتالیزور برای معرفی اشتراک شبکه است. برخی از اپراتورها فقط زیرساخت های غیرفعال مانند سایت ها، منابع تغذیه، دکل ها و آنتن ها را به اشتراک میگذارند و برخی دیگر نیز تجهیزات فعال (به عنوان مثال ایستگاه های پایه 3G رادیویی) را به اشتراک میگذارند. اشتراک آنتن اغلب شامل ترکیب سیستم های رادیویی از اپراتورهای مختلف به سیستم های تغذیه کننده RF معمول است. اشتراک شبکه در گستره های مختلف روندی است که امروز نیز ادامه دارد [۹].

۴ – در حال انتقال به 4G LTE

شبکه 4G با طیف ۱۸۰۰ مگاهرتز راه اندازی شد که در آن از GSMمورد استفاده مجدد قرار گرفت. این امر امکان راه اندازی سریع 4G را فراهم کرد زیرا می توانست از کل سیستم آنتن موجود برای پشتیبانی از GSM1800 استفاده مجدد کند. حراج طیف 4G،دو باند فرکانسی جدید را برای استفاده از تلفن همراه منتشر کرد که آنها ۸۰۰ و ۲۶۰۰ مگاهرتز هستند. باند ۸۰۰ مگاهرتز پوشش بیشتری نسبت به باند فرکانس بالاتر ارائه می دهد در حالی که باند ۲۶۰۰ مگاهرتز به طور قابل توجهی ظرفیت بیشتری را فراهم می کند.

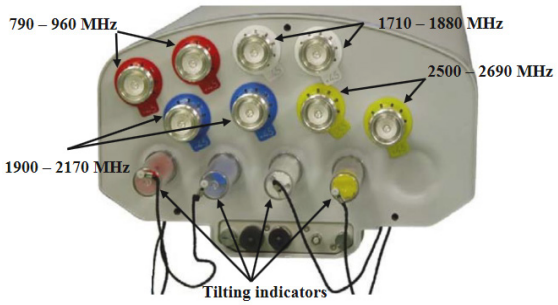
LTE مفهوم MIMO را به رابط رادیویی تلفن همراه وارد کرد. در پیکربندی پایه، این شامل دو فرستنده و دو گیرنده در هر واحد رادیویی (ایستگاه پایه و تجهیزات کاربری) است که به عنوان MIMO به صورت ۲*۲ شناخته می شوند. استفاده از MIMO سرعت داده و عملکرد رابط رادیویی تلفن همراه را افزایش می دهد. حالت های مرتبه بالاتر MIMO مانند ۴*۴ به طور فزاینده ای برای تقویت بیشتر شبکه های ۴G LTE در حال استفاده هستند. یک سیستم ۴*۴ نیاز به چهار آنتن دارد که به طور معمول آرایه دو قطبی متقاطع برای پشتیبانی از انتقال ایستگاه پایه و چهار آنتن در دستگاه تلفن همراه می‌باشد. [۱۷].

معرفی دو باند فرکانسی جدید تأثیر مهمی در طراحی سایت رادیویی دارد. سیستم های آنتن موجود از هیچ یک از باند پشتیبانی نمیکنند بنابراین یک برنامه بزرگ برای ارتقا سایت برای پشتیبانی از پخش انبوه 4G از اپراتورها لازم بود. در همان زمان مفهوم جدیدی برای معماری ایستگاه پایه در حال اتخاذ بود که شامل سطحی

از تجزیه عملکرد ایستگاه پایه نصب شده روی رک در قابلیت باند پایه اختصاصی و واحدهای رادیویی جداگانه است. فرستنده و گیرنده رادیویی می تواند یک واحد فرکانس رادیویی یا واحد رادیویی از راه دور (RRU) نصب شده بر روی رک باشد (همچنین به عنوان رادیوی هد از راه دور (RRH) نیز شناخته می شود. راه حل تقسیم ایستگاه پایه مفهوم Cloud (متمرکز) شبکه دسترسی رادیویی (CRAN) را فعال می کند.در معماری CRAN، واحد (Baseband unit BBU) به صورت متمرکز در محل قرارگیری آن ها قرار می گیرد که به سایتهای متعدد سلول متصل می شود و هر سایت سلول دارای RRU های مختلف است [۱۰].

یکی از مزایای BBUمتمرکز، توانایی هماهنگی زمان بندی و کاهش تداخل بین سلول های مجاور در نتیجه افزایش عملکرد کلی شبکه و به ویژه بهبود عملکرد لبه سلول است. رابط بین BBU و RRU مبتنی بر یک استاندارد صنعتی است که به عنوان رابط رادیوی عمومی مشترک شناخته می شود که به دلیل تقسیم عملکرداز نظر توان عملیاتی بالا و تأخیر کم عملکردهای بسیار دقیق دارد.

شکل ۱,۶ سطح پیچیدگی معمول وقتی چندین فناوری دسترسی رادیویی و یا باند فرکانس در یک سایت سلول مستقر می شوند را نشان می دهد که در یک سلول سایت پیاده سازی شده است. دیاگرام یک آنتن ۸ پورت را نشان میدهد که در چهار گروه دوتایی کار می کند که هر گروه از دو پلاریزاسیون ۴۵ درجه دارد.

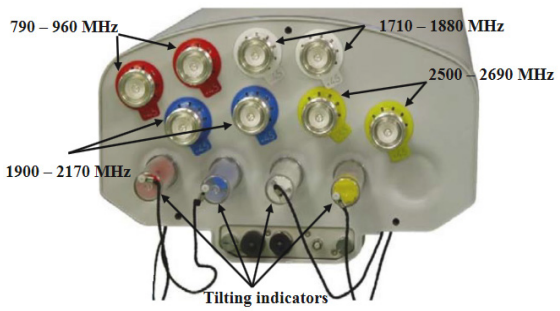


شکل:۶ سیستم های آنتن چند باند با پشتیبانی از چندین RAT در یک باند فرکانس [۱۰]

ایستگاه پایه میتواند یک سیستم واحد باشد که از چندین فناوری دسترسی رادیویی (RAT) در طیف وسیعی از باند های فرکانسی پشتیبانی میکند یا میتواند چندین ایستگاه پایه مجزا باشد که به ایجاد کلی سایت کمک می کنند. شکل ۱,۶ از یک ایستگاه پایه پشتیبانی می کند که از 2Gدر باند ۱۸۰۰ مگاهرتز و 4G در باند ۸۰۰، ۱۸۰۰ و ۲۶۰۰ مگاهرتز همراه با یک ایستگاه پایه اختصاصی برای 3Gدر باند ۲۱۰۰ مگاهرتز پشتیبانی می کند. نمودار به این صورت ساده سازی شده می‌باشد که اجزای RFداخلی نشان داده نشده اند و ایستگاه پایه به عنوان یک موجودیت عملکردی واحد نشان داده شده است.

باندهای ۸۰۰، ۱۸۰۰ و ۲۱۰۰ مگاهرتز همه با واحد فرکانس رادیویی زمینی مستقر شده اند در حالی که سیستم ۲۶۰۰ مگاهرتز از باند پایه زمینی با RRUنصب شده بر روی برج جهت بهینه سازی رابط رادیویی تشکیل شده است. میرایی سیستم فید کواکسیال با فرکانس افزایش می یابد و بنابراین میتوان با استقرار رادیو در نزدیکی آنتن رادیو، میزان پوشش آن در ۲۶۰۰ مگاهرتز را بهبود بخشید. قرار دادن RRUبستن روی آنتن، نیاز به LNAخارجی را از بین میبرد زیرا عملکرد آن در RRUموجود است.

شکل ۱,۷ یک سیستم آنتن ۸ پورت را نشان میدهد که از باندهای فرکانسی ۸۰۰، ۲۱۰۰، ۱۸۰۰ و ۲۶۰۰ مگاهرتز پشتیبانی می کند. هر جفت پورت با همان رنگ قطبش ۴۵ ± درجه را فراهم می کند. پورت های قرمز فرکانس های ۷۹۰ تا ۹۶۰ مگاهرتز، پورت های سفید فرکانس های ۱۷۱۰ تا ۱۸۸۰ مگاهرتز، پورت های آبی فرکانس های ۱۹۰۰ تا ۲۱۷۰ مگاهرتز و پورت های زرد فرکانس های ۲۵۰۰ تا ۲۶۹۰ مگاهرتز را پوشش می دهند[۱۸].



شکل:۷ آنتن ۸ پورت که از باندهای فرکانس ۱۸۰۰، ۸۰۰، ۲۱۰۰ و

۲۶۰۰ مگاهرتز پشتیبانی میکند [۱۸]

۴ – نتیجه گیری

در این مقاله، تحولات ارتباطات سیار و طراحی ایستگاه پایه و تأثیر مربوط به آن در تکامل طراحی آنتن به تفصیل شرح داده شده است. انواع مختلف ایستگاه های پایه بررسی شده و پارامترهای مربوط به کاربرد آن ها مورد بحث قرار گرفته و مشکلات و چالش های موجود در ایستگاه های پایه مشخص شده و راه حل هایی برای هر چالش مطرح گردیده است.

۵ – مراجع

[1] GSMA Intelligence. Definitive data and analysis for the mobile industry. Accessed: 25.3.2019, [Online]. Available: https://www.gsmaintelligence.com/

[2] A. F. Molisch, "Wireless Communications", 2nd ed.,John Wiley & Sons, Oxford, 827 pages, 2011.

[3] ITU-R M.2134: Requirements related to technical performance for IMT Advanced radio interface(s)", ITU, Tech. Rep., 2008. [Online]. Available: http: //www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2008-2134-PDF-E.pdf

[4] Adrio Communications Ltd. LTE frequency bands & spectrum allocations. Accessed: 25.3.2019, [Online].Available:http://www.radio-electronics.com/ info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/lte-frequencyspectrum.php.

[5] S. Parkvall, E. Englund, A. Furuskär, E. Dahlman, T. Jönsson, and A. Paravati, "LTE evolution towards IMT-Advanced and commercial network performance", Int. Conf. Commun. Systems, pp. 155–151, 2010.

[6] T. Wheeler, "The Future of Wireless: A Vision for U.S. Leadership in a 5G World", Washington, D.C, Jun. 20, 2016.

[7] X. P. Mao and J. W. Mark, «On Polarization Diversity in Mobile Communications,»International Conference on Communication Technology, Guilin, pp. 4-1, 2006.

[8] D. V.Thiel and S.Smith,"Switched Parasitic Antennas for Cellular Communications",Artech House, Inc., Norwood, MA, USA,2001

[9] J. Ilvonen, "Multiband and environment insensitive handset antennas", PhDdissertation, Aalto University, 100pages, 2014.

[10] A. Sutton,"Base Station Antenna Systems" The ITP (Institute of Telecommunications Professionals), Journal 12, no. 4: 39–35, 2018.

[11] S. R. Saunders and A. Aragón-Zavala, "Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems", John Wiley & Sons, 2nd ed., Chichester, 524 pages, 2007

[12] L. Godara,"Handbook of Antennas in Wireless Communications",CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, USA,2001

[13] B. Sklar,"Digital Communications: Fundamentals and Applications". Vol. 2. Prentice Hall,Upper Saddle River, NJ, USA, 2001.

[14] G. V. Tsoulos,"Adaptive antennas for wireless communications",Wiley-IEEE Press,2000.

[15] T.Chiou and K.Wong, «A compact dual-band dual-polarized patch antenna for 1800/900-MHz cellular systems,» IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 51, no. 8, pp. 1940-1936, Aug. 2003.

[16] H. Huang, Y. Liu and S. Gong, «A Dual-Broadband, Dual-Polarized Base Station Antenna for 2G/3G/4G Applications,»IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 16, pp. 1114-1111, 2017.

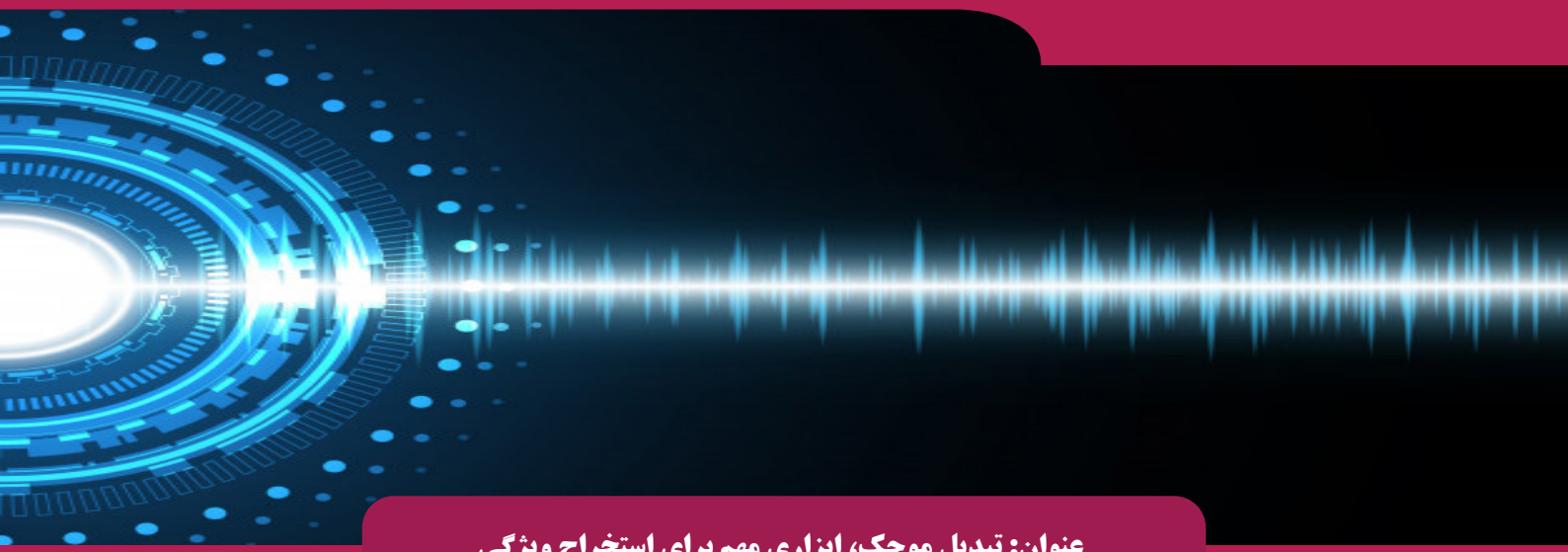
[17] Z. Chen, and K. Luk,"Antennas for Base Stations in Wireless Communications",US: McGraw-Hill Professional, 2009.

[18] *Amphenol Antenna Solutions, Inc. Founded in 1979. [Online]. Available: https://amphenol-antennas.com/datasheets/6890100.pdf.*

۶ – معرفی افراد

مهدی غفوری وایقان

متولد تهران، مدرک کارشناسی خود را در سال ۲۰۱۹ از قم در رشته مهندسی برق مخابرات دریافت کرد و پروژه کارشناسی خود را در زمینه طراحی جاذب های مدار آنالوگ با استفاده از سطوح انتخابگر فرکانسی (FSS) در دانشگاه قم گذراند. او هم اکنون دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق-مخابرات میدان و موج در دانشگاه تربیت مدرس است.زمینه های تحقیقاتی او طراحی آنتن به ویژه آنتن های مورد استفاده در مخابرات سلولی،آنتن های هوشمند، آنتن های آرایه، متامتریال، جاذب و قطعات مایکروویوی می‌باشد. او همچنین در شاخه دانشجویی IEEE دانشگاه تربیت مدرس از سال ۲۰۲۰ مشغول به فعالیت می‌باشد.



عنوان: تبدیل موجک، ابزاری مهم برای استخراج ویژگی

پریسا کاویانپور [۱]

۱- کارشناس ارشد، مازندران ، بابلسر، parisa.kavian@gmail.com

چکیده

استخراج ویژگی های مناسب امروزه از جمله دغدغه های مهم بسیاری از پژوهشگران علم داده است. علی رغم پیشرفت روش یادگیری عمیق در استخراج ویژگی، همچنان بسیاری از پژوهشگران به دنبال راهکاری برای بهبود نتایج مدل خود از طریق دادن ویژگی های مناسب به عنوان ورودی به مدل شبکه پیشنهادی هستند. یکی از کارآمدترین روش ها، روش تبدیل موجک است که در این پژوهش بدان پرداخته شده است. ویژگی های استخراج شده از این تبدیل، بسته به نوع تبدیل مورد استفاده میتواند ضرایب عددی یک بعدی و تصاویر دو بعدی باشد که در بسیاری از کاربردهای یادگیری عمیق آن را کارآمدتر از سایر روش های استخراج ویژگی نشان می دهد. هم چنین با توجه به این که تبدیل موجک در حوزه زمان- فرکانس است، ویژگی های نهفته در هر دو حوزه¬ی زمان و فرکانس را آشکار می سازد.

کلیدواژگان: تبدیل موجک پیوسته، تبدیل موجک گسسته، تبدیل موجک بسته ای، استخراج ویژگی

Abstract

Extracting appropriate features is one of the major concerns of many data scientists today. Despite the advancement of the deep learning method in feature extraction, many researchers are still looking for a way to improve the results of their model by giving the appropriate features as input to the proposed network model. One of the most efficient methods is the wavelet transform method which has been discussed in this research. The features extracted from this conversion, depending on the type of conversion used, can be one-dimensional numerical coefficients and two-dimensional images, which in many applications of deep learning makes it more efficient than other methods of feature extraction. Also, since wavelet transform is in the time-frequency domain, it reveals the underlying properties in both the time and frequency domains.

keywords :Continuous wavelet transform, discrete wavelet transform, packet wavelet transform, feature extraction

۱- مقدمه

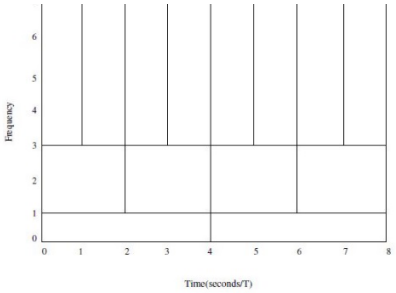
استخراج ویژگی گام موثری در تحلیل داده‌های مختلف با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق است. علی‌رغم پیشرفت روزافزون روش‌های یادگیری عمیق در پیش‌بینی‌های سری زمانی و طبقه‌بندی داده‌های مختلف، همچنان ارائه راهکارهای متنوع و کارآمد در راستای استخراج ویژگی و انتخاب بهترین نوع ورودی برای شبکه‌ها موضوعی مهم در بسیاری از کاربردها است[۱].

روش‌های استخراج ویژگی داده‌های یک بعدی در حالت کلی به دسته حوزه زمان، حوزه فرکانس و حوزه زمان- فرکانس تقسیم می‌شوند. روش تبدیل فوریه زمان کوتاه و تبدیل موجک از مهم‌ترین روش‌های این دسته هستند. با توجه به محدودیت‌ها و ناکارآمدی روش تبدیل فوریه زمان کوتاه، در اکثر پژوهش‌های این حوزه از تبدیل موجک استفاده می‌شود که در ادامه این پژوهش به نفصیل بدان پرداخته می‌شود[۱].

تبدیل موجک یک تبدیل خطی است که نمودار مقیاس-زمان از یک سیگنال را نمایش می‌دهد. در قیاس با تبدیل فوریه‌ی زمان‌کوتاه که وضوح زمان- فرکانس ثابت است، در تبدیل موجک وضوح زمان- فرکانس بستگی به فرکانس سیگنال دارد. در فرکانس‌های بالا، تبدیل موجک از پنجره‌های باریک و در فرکانس‌های پایین از پنجره‌های عریض استفاده می‌کند. در تحلیل فوریه، یک سیگنال را به چند موج سینوسی با فرکانس‌های مختلف تبدیل می‌کنند[۱].

به طور مشابه، در تحلیل موجک یک سیگنال را به صورت چندین موج انتقال یافته و مقیاس شده‌ی یک تابع که آن را «موجک مادر» می‌نامند، تبدیل می‌کنند. در شکل ۱ ساختار زمان- فرکانس تبدیل موجک آورده شده است

.



شکل ۱: ساختار زمان- فرکانس تبدیل موجک[۱].

۲- تبدیل موجک پیوسته

تبدیل موجک پیوسته مجموع چندین سیگنال انتقال‌یافته[1] و مقیاس‌شده[2]ی موجک مادر در طول زمان است. این فرآیند، ضرایب موجک را تولید می‌کند که تابعی از مقیاس و موقعیت[3] است. تبدیل موجک پیوسته و عکس تبدیل موجک طبق رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود

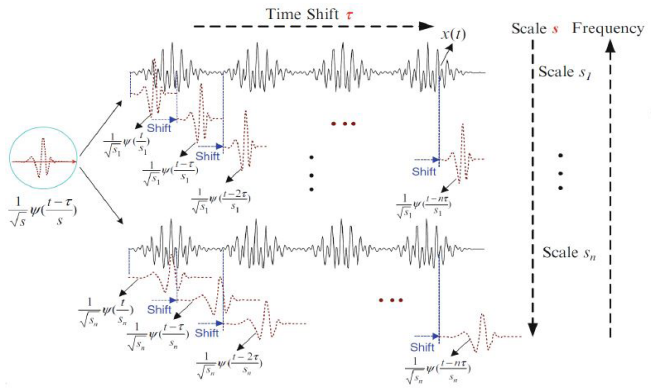
$$\mathrm{CWT}(b,a)=\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\psi^{*}_{b,a}(t)\,dt \qquad (1)$$

$$\psi_{b,a}(t)=\frac{1}{\sqrt{a}}\psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad , a>0 \qquad (2)$$

$$f(t)=\iint CWT(a,b)\psi^{*}_{a,b}\,da\,db \qquad (3)$$

تابع $\psi(t)$ تابع موجک مادر است که با مقیاس a منبسط و منقبض می‌شود و با b انتقال می‌یابد. در نمودارهای موجک، محور x بیان‌گر موقعیت سیگنال(زمان)، محور y بیان‌گر مقیاس و رنگ نقاط x-y نشان‌گر دامنه‌ی ضرایب موجک است. این نمودارهای ضرایب به کمک ابزارهای گرافیکی تولید می‌شوند. در شکل ۲ نحوه‌ی عملکرد تبدیل موجک پیوسته آورده شده است

1 shifted
2 scaled
3 position



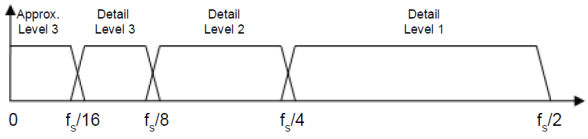
شکل ۲ : نحوه عملکرد تبدیل موجک پیوسته [۱]

۲-۱- تبدیل موجک گسسته

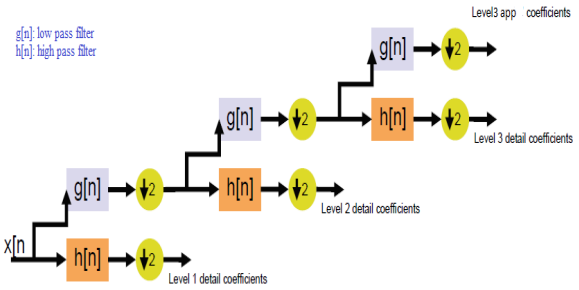
تبدیل موجک گسسته (DWT)، شامل پارامترهای انتقال یافته و مقیاس شده‌ی داده‌های نمونه برداری است. تفاوت تبدیل موجک با دیگر تبدیل حوزه‌ی زمان- فرکانس یعنی تبدیل فوریه زمان کوتاه در اندازه‌ی پنجره‌ها است. این تبدیل، قابلیت وضوح بالای فرکانسی را در فرکانس‌های پایین و هم‌چنین وضوح بالای زمانی را در فرکانس‌های بالا فراهم می‌کند، بدون اینکه اصل عدم قطعیت هایزنبرگ را نقض کند. در تبدیل موجک گسسته، سیگنال‌ها از دو فیلتر مختلف عبور می‌کنند، یک فیلتر پایین‌گذر که فرکانس‌های پایین را از حد عبور می‌دهد و شامل اطلاعات فرکانس پایین و دربردارنده ماهیت کلی سیگنال است که به آن تخمین می‌گویند و دومین فیلتر، یک فیلتر بالاگذر است که حاوی اطلاعات فرکانس بالای سیگنال است و به آن سیگنال جزییات می‌گویند. بنابراین با تجزیه سیگنال اصلی توسط تبدیل موجک گسسته، به چندین سیگنال جزییات و یک سیگنال تخمین می‌رسیم که می‌توان تقریبا سیگنال اصلی را با جمع کردن این سیگنال‌ها با هم بدست آورد. هر کدام از این سیگنال های جزییات و تخمین، مربوط به باند فرکانسی خاصی هستند. طبق اصل عدم قطعیت هایزنبرگ امکان تشخیص اینکه کدام فرکانس خاص، در چه زمانی رخ داده است وجود ندارد، اما به کمک این تبدیل این امکان میسر است که تشخیص دهیم که هر کدام از باندهای فرکانسی در چه فاصله زمانی مشخصی وجود دارند. یک روش سریع برای بدست آوردن ضرایب DWT، استفاده از ساختار فیلتری است که در شکل ۴ داده شده است. نحوه‌ی کار به این صورت است که سیگنال x[n]، به کمک یک فیلتر پایین‌گذر g [n] و یک فیلتر بالاگذر h[n]، به دو سیگنال تبدیل می‌شود که این دو سیگنال، سیگنال‌های تخمین و جزییات هستند که به ترتیب توسط فیلتر پایین گذر و فیلتر بالاگذر تولید شده‌اند. ضرایب سیگنال تخمین در سطح پایین‌تر در مرحله‌بعدی باز هم از دو فیلتر بالا گذر و پایین گذر عبور کرده و ضرایب جزییات و تخمین در مرحله دوم نیز محاسبه می‌شوند .در انتها باز هم این روال بر روی سیگنال تخمین مرحله دوم پیاده‌سازی می‌شود تا سیگنال‌های تخمین و جزییات مرحله سوم بدست آیند .در این شکل، تجزیه سیگنال‌ها تا سه مرحله ادامه یافته است که طراح با توجه به نوع موجک مادر و نیازهای طراحی، می‌تواند این مراحل را بیشتر یا کمتر هم ادامه دهد در نهایت سیگنال x[n] به کار رفته در شکل ۴ را می‌توان طبق رابطه‌ی زیر بدست آورد که در این رابطه، j برابر تعداد سطوح تجزیه که در شکل ۴ ، j برابر با ۳ است ، Aj برابر با سیگنال تخمین در سطح jام و Dj سیگنال جزییات در سطح jام است.

$$x[n] = A_j + \sum_{i=1}^{j} D_j \qquad (4)$$

محدوده‌ی فرکانسی تحت پوشش توسط سیگنال‌های جزییات و سیگنال تخمین نهایی برای تجزیه سه مرحله‌ای در شکل 3 نشان داده شده است.



شکل ۳- محدوده فرکانسی برای سیگنال‌های جزییات و تخمین نهایی [۳]

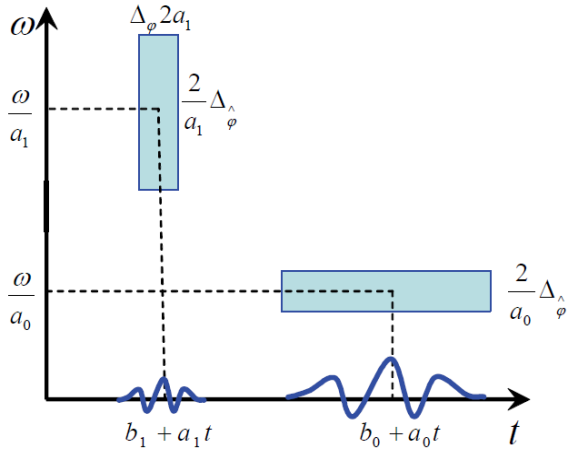


شکل ۴- نمایش درختی تبدیل موجک گسسته تا سه سطح از تجزیه [۳]

در شکل ۵ نمایش گرافیکی پنجره زمان-

فرکانسی نشان داده شده است که دارای وضوح بهتری در حوزه زمان برای فرکانس‌های بالا و دارای وضوح فرکانسی بهتر برای فرکانس‌های پایین است.

شکل پاسخ فرکانسی این فیلترها، به نوع و مرتبه‌ی موجک به‌کار رفته در تحلیل موجک بستگی دارد. برای جلوگیری از هم‌پوشانی بین دو باند فرکانسی مجاور هم، از موجک مادر مرتبه‌ی بالاتر استفاده می‌شود. برای جداسازی باندهای فرکانسی مختلف، یک مصالحه بین مرتبه موجک مادر و هزینه محاسباتی وجود دارد.



شکل ۵- پنجره زمان- فرکانس برای تبدیل موجک [iv]

با در نظر گرفتن تبدیل موجک پیوسته، تبدیل موجک گسسته سیگنال x (t) را می‌توان طبق رابطه‌ی۷-۳ محاسبه کرد:

$$DWT(j,k) = \frac{1}{\sqrt{a_0^j}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\psi^*_{j,k}\left(\frac{t - kb_0a_0^j}{a_0^j}\right) \qquad (5)$$

که در این رابطه داریم:

$$\begin{cases} a = a_0^j \\ b = kb_0a_0^j \end{cases} \quad a_0 > 1, b_0 \neq 0, j \in Z, k \in Z \qquad (6)$$

که معمولا مقادیر $a_0 = 2$ و $b_0 = 1$ در نظر گرفته می‌شود و k و j به‌ترتیب پارامترهای مقیاس و انتقال خواهند بود. با توجه به این مقادیر رابطه موجک به صورت زیر خواهد بود:

$$\psi_{j,k}(t) = \frac{1}{\sqrt{2^j}}\psi\left(\frac{t - k2^j}{2^j}\right) \qquad (7)$$

و سیگنال x(t) را می‌توان طبق رابطه‌ی زیر محاسبه کرد:

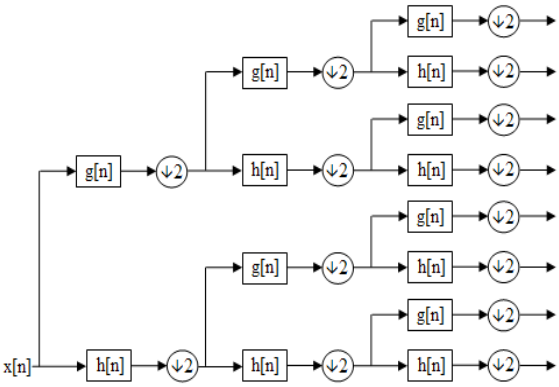
$$x(t) = \sum_{j\ k} a_{j,k} 2^{\frac{-j}{2}} \psi\left(2^{-j}t - k\right) \qquad (8)$$

۳- تبدیل موجک بسته ای

اگرچه تبدیل موجک گسسته، وضوح زمان-فرکانس انعطاف‌پذیری را برای کاربر فراهم می‌کند، اما در ناحیه‌ی فرکانس بالا، از وضوح نسبتا کمی برخوردار است. این کمبود، منجر به مشکلاتی در شناسایی مولفه‌های گذرای فرکانس بالا سیگنال می‌شود. تبدیل موجک بسته‌ای (WPT) برای فائق آمدن بر این مشکل معرفی شد. در WPT روش تجزیه سطوح همانند روش DWT است، با این تفاوت که سیگنال جزییات را مطابق شکل ۶ به دو سیگنال تجزیه می‌شود تا بر محدودیت‌های تحلیل سیگنال در فرکانس‌های بالا غلبه شود.

۴- نویز زدایی به روش تبدیل موجک

پیش‌پردازش سیگنال، یک گام مهم برای افزایش قابلیت اطمینان داده‌ها است و در نتیجه، دقت تحلیل سیگنال را افزایش می‌دهد. هدف اصلی پیش پردازش سیگنال، افزایش نرخ سیگنال به نویز (SNR) است تا نویز را حذف کند و سیگنال اصلی را برجسته کند. در هر صورت، وجود نویز در سیگنال‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است که معمولا به‌عنوان اغتشاش درون سیگنال‌ها، همانند اغتشاش ناشی از محیط و تجهیزات اندازه‌گیری شناخته می‌شود. نویز زدایی و استخراج سیگنال‌های ضعیف برای تشخیص عیب امری بسیار مهم است.



شکل ۶- نمایش درختی تبدیل موجک بسته‌ای تا سه سطح از تجزیه

به خصوص در زمانی که تشخیص سریع رخداد عیب دارای اهمیت باشد که در این حالت معمولا ویژگی های سیگنال اغلب بسیار ضعیف هستند و تحت تاثیر نویز هستند. نویزها سیگنالی اغلب تصادفی هستند که ممکن است باند فرکانسی آن‌ها با باند فرکانسی سیگنال اصلی هم‌پوشانی داشته باشد. بنابراین، حذف موثر نویز از سیگنال‌ها با روش‌های سنتی مشکل است. علاوه بر این، روش‌های سنتی نیازمند یک سری اطلاعات و فرض‌ها درباره‌ی سیگنال‌ها است تا بتواند نویز را استخراج کند. در روش موجک، کافی است که بدانیم سیگنال متعلق به کدام خانواده است که اغلب شامل چندین خانواده هم می‌شود. اصول نویز زدایی در موجک از روش‌های سنتی مبتنی بر فیلتر متفاوت است. به طور خلاصه، در روش‌های مبتنی بر فیلتر، مولفه‌های فرکانسی خارج از محدوده‌ای معین، اغلب صفر در نظر گرفته می‌شوند که ممکن است برخی از اطلاعات مفید سیستم معیوب را از بین ببرد، چون برخی از عیوب متوالی به‌عنوان ضربه در سیگنال‌ها ظاهر می‌شوند و این ضربه‌ها عموما محدوده‌ی فرکانسی وسیعی را پوشش می‌دهد، در حالی که روش‌های نویز زدایی مبتنی بر موجک، می‌تواند ضربه‌های سیگنال را به‌خوبی حفظ کند زیرا این ضربه‌ها اغلب دارای ضرایب موجک بزرگی در تبدیل موجک هستند و مزیت نویز زدایی تبدیل موجک این است که در این روش، اغلب ضرایب تبدیل موجک کوچک تبدیل به صفر می‌شوند و بنابراین، ضربه‌های سیگنال حذف نمی‌شوند. بنابراین روش‌های مبتنی بر موجک نسبت به روش مبتنی بر فیلتر، روش مناسب‌تری برای پیش‌پردازش سیگنال است[۳].

۵- انواع موجک مادر

در جدول ۱ انواع موجک مادر آورده شده است که شامل موجک‌های مادر به کار رفته در تبدیل موجک پیوسته، گسسته، مختلط و بسته‌ای است.

۵-۱- اهمیت انتخاب موجک مادر مناسب

موجک‌های مختلف، ساختار زمان- فرکانسی متفاوتی دارند و این مسئله، انتخاب بهترین موجک مادر را برای استخراج ویژگی‌های سیگنال داده شده، با مشکل روبرو می‌کند، چون انتخاب موجک مادر نامناسب منجر به کاهش دقت تشخیص عیب می‌شود. انتخاب موجک مادر متفاوت منجر به نتایج کاملا متفاوتی در تحلیل سیگنال‌ها می‌شود. البته در بسیاری از مقالات و کتب از یک سری معیارها جهت تعیین بهترین موجک مادر استفاده شده است که در ادامه به آن اشاره می‌شود.[۳]

جدول ۱- انواع موجک مادر

ردیف	موجک مادر	نام اختصاری	انواع
1	Haar	haar	haar
2	Daubechies	db	db1, db2, db3, db4, db5, db6, db7, db8, db9, db10
3	Symlets	sym	sym2, sym3, sym4, sym5, sym6, sym7, sym8
4	Coiflets	coif	coif1, coif2, coif3, coif4, coif5
5	BiorSplines	bior	bior1.1, bior1.3, bior1.5, bior2.2, bior2.4, bior2.6, bior2.8, bior3.1, bior3.3, bior3.5, bior3.7, bior3.9, bior4.4, bior5.5, bior6.8
6	ReverseBior	rbio	rbio1.1, rbio1.3, rbio1.5, rbio2.2, rbio2.4, rbio2.6, rbio2.8, rbio3.1, rbio3.3, rbio3.5, rbio3.7, rbio3.9, rbio4.4, rbio5.5, rbio6.8
7	Meyer	meyr	meyr
8	DMeyer	dmey	dmey
9	Gaussian	gaus	gaus1, gaus2, gaus3, gaus4, gaus5, gaus6, gaus7, gaus8
10	Mexican_hat	mexh	mexh
11	Morlet	morl	morl
12	Complex Gaussian	cgau	cgau1,cgau2,cgau3, cgau4,cgau5
13	Shannon	shan	shan1-1.5, shan1-1, shan1-0.5, shan1-0.1, shan2-3
14	Frequency B-Spline	fbsp	fbsp1-1-1.5,fbsp1-1-1,fbsp1-1-0.5,fbsp2-1-1,fbsp2-1-0.5,fbsp2-1-0.1
15	Complex Morlet	cmor	cmor1-1.5, cmor1-1, cmor1-0.5, cmor1-0.1
16	Fejer-Korovkin	fk	fk4, fk6, fk8, fk14, fk18, fk22

۵-۲- معیارهای انتخاب موجک مادر

- معیار انرژی بیشینه: موجک مادری که بیشترین مقدار انرژی را از سیگنال تحلیل شده استخراج می‌کند، مناسب‌ترین موجک برای استخراج ویژگی از سیگنال است. در صورتی که تبدیل موجک دارای m ضریب موجک C باشد، انرژی در سطح n ام طبق رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود:

$$Energy(n) = \sum_{i=1}^{m} |C_i(n)|^2 \qquad (9)$$

- معیار آنتروپی شانون کمینه: موجک مادر با کم‌ترین مقدار آنتروپی شانون ضرایب موجک، مناسبت‌ترین موجک برای استخراج ویژگی از سیگنال است. آنتروپی شانون عدم‌قطعیت ضرایب سیگنال موجک را اندازه‌گیری می‌کند که طبق رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود:

$$Shannon\ Entropy = -\sum_{i=1}^{m} P_i \log(P_i) \qquad (10)$$

که P_i توزیع احتمال هر ضریب موجک است و طبق رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$P_i = \frac{|C_i(n)|^2}{Energy(n)} \qquad (11)$$

$$\sum_{i=1}^{m} P_i = 1 \qquad (12)$$

- بیشینه نسبت آنتروپی شانون به انرژی: موجک مادری که نسبت آنتروپی شانون به انرژی بیشتری را دارا باشد، موجک مادر مناسب‌تری برای تحلیل سیگنال است[۴].

- معیارهای دیگر: معیار آنتروپی مشترک کمینه- معیار آنتروپی شرطی کمینه- معیار اطلاعات مشترک بیشینه- معیار اطلاعات بیشینه[۴].

۶- نتیجه گیری

در این پژوهش به معرفی انواع تبدیل موجک به عنوان راهکاری مناسب جهت استخراج ویژگی پرداخته شد. پس از بررسی تبدیل موجک پیوسته، گسسته و بسته‌ای به عنوان دسته های مختلف تبدیل موجک به کاربرد آن در جداسازی از داده اصلی اشاره شد و در انتهای این پژوهش به معرفی انواع روشهای انتخاب بهترین موجک مادر برای تبدیل موجک پرداخته شد. با توجه به اهمیت این تبدیل در کارهای یادگیری ماشین و یادگیری عمیق، انتخاب مناسب ترین نوع تبدیل و همچنین کارآمدترین موجک مادر امری ضروری است.

۷- مراجع

[1] Mishra, M., Dash, P. B., Nayak, J., Naik, B., & Swain, S. K. (2020). Deep learning and wavelet transform integrated approach for short-term solar PV power prediction. Measurement, 166, 108250

[2] Dong, X., Li, G., Jia, Y., & Xu, K. (2021). Multiscale feature extraction from the perspective of graph for hob fault diagnosis using spectral graph wavelet transform combined with improved random forest. Measurement, 176, 109178.

[3] Li, Tao, et al. "A survey on wavelet applications in data mining." ACM SIGKDD Explorations Newsletter 4.2 (2002): 49-68.

[4] Gao. R.X. Yan, R. "Wavelets-Theory and Applications for Manufacturing", Springer Science+ Business Media, 2011.

[5] Peng, Z. K., and F. L. Chu. "Application of the wavelet transform in machine condition monitoring and fault diagnostics: a review with bibliography." Mechanical systems and signal processing18.2 (2004): 199-221.

[6] Prakash, Aditya, et al. "A review on machine condition monitoring and fault diagnostics using wavelet transform." International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences 2 (2014): 84-93.

[7] Bafroui, Hojat Heidari, and Abdolreza Ohadi. "Application of wavelet energy and Shannon entropy for feature extraction in gearbox fault detection under varying speed conditions." Neurocomputing 133 (2014): 437-445.

۸ – معرفی افراد

پریسا کاویان پور
کارشناسی ارشد مهندسی زلزله از دانشگاه مازندران، پژوهشگر حوزه یادگیری عمیق، یادگیری ماشین و تحلیلگر علم داده

مقایسه‌ای بر کلایسترون‌های تک باریکه‌ای و چند باریکه‌ای

محمد استوار [۱]،دکتر بیژن عباسیان آرند [۲]،دکتر ساسان احمدیان نمین [۳]

۱ - کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، عضو دانشجویی IEEE و m.Ostovar@modares.ac.ir
۲ - استاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، عضو ارشد IEEE و IEEE، Abbasi@modares.ac.ir
۳ - دکترا تخصصی، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، تهران، Sasan.ahmadiannamini@gmail.com

چکیده

با وجود پیشرفت چشمگیر مولدها و تقویت‌کننده‌های حالت جامد، لامپ‌های مایکروویو هنوز هم به عنوان یکی از بزرگترین و مهم‌ترین منابع تولید و تقویت امواج مایکروویو در توان بالا و فرکانس‌های بالا به شمار می‌روند. در این بین لامپ کلایسترون به سبب پایداری بسیار خوب و توان خروجی بالا در کاربردهایی مثل شتاب‌دهنده‌های ذرات که این موارد اهمیت ویژه‌ای دارند، به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. با در نظر گرفتن افزایش کاربردهای انرژی مایکروویو در صنایع گوناگون مثل مخابرات و شتاب‌دهنده‌های ذرات، لزوم توجه به افزایش بازدهی کلایسترون‌ها به منظور کاهش مصرف انرژی الکتریکی بیش از پیش نمایان می‌شود. کلایسترون‌های چند باریکه راه‌حلی برای افزایش بازدهی به شمار می‌آیند. به کمک کلایسترون‌های چند باریکه می‌توان به بازدهی حدود ۶۵ درصد و بالاتر از آن رسید. این در حالی است که بازدهی کلایسترون‌های تک باریکه معمول حداکثر ۵۵ درصد است. این مقاله به معرفی و مقایسه‌ای اجمالی بین کلایسترون‌های تک باریکه و چند باریکه می‌پردازد.

کلیدواژگان : انرژی مایکروویو، تقویت‌کننده‌های لامپی، توان بالا، بازدهی بالا، کلایسترون چند باریکه‌ای

Abstract

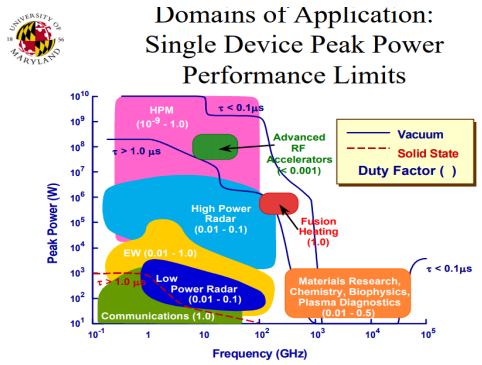
Despite the dramatic advancement of generators and solid-state amplifiers, microwave lamps are still one of the largest and most important sources for generating and amplifying microwaves at high power and high frequencies. Meanwhile, Klystron lamps are widely used due to their excellent stability and high output power in applications such as particle accelerators, which are of special importance. Considering the increasing applications of microwave energy in various industries such as telecommunications and particle accelerators, the need to pay attention to increasing the efficiency of Klystron in order to reduce electricity consumption becomes more apparent. Multi-band clisters are a way to increase efficiency. With the help of multi-band clusters, efficiencies of about 65% and above can be achieved. However, the efficiency of conventional single-beam Klystron is a maximum of 55%. This article introduces a brief overview of single-band and multi-band Klystron

Keywords : lamp amplifires, microwave energies, high power, high effciency, multilayer clister

۱- مقدمه

امروزه به دلیل توسعه فناوری‌های مایکروویو و گسترش کاربرد آن در صنایع مختلفی همچون شتاب‌دهنده‌های ذرات، تحقیقات بنیادی علوم پایه، مخابراتی، راداری، تصویربرداری، پزشکی، هسته‌ای، زیست محیطی، صنعتی و پخت و پز، مصرف انرژی الکتریکی نیز به تبع آن افزایش یافته است. بنابراین داشتن همزمان بازدهی بالا و توان بالا در تقویت‌کننده‌های مایکروویو در سال‌های اخیر مورد توجه کاربران، محققین و سازندگان قرار گرفته است.

به طور کلی می توان تقویت‌کننده‌های مایکروویو را به لحاظ تکنولوژی ساخت به دو دسته حالت جامد (ترانزیستوری) و لامپ‌های خلا یا مایکروویو طبقه‌بندی کرد. تا قبل از پیشرفت قطعات نیمه‌هادی، در محدوده فرکانس‌های مایکروویو ابتدا از لامپ‌های مایکروویو به منظور تقویت‌کنندگی استفاده می‌شد، ولی با پیشرفت قطعات نیمه‌هادی و دسترسی آن‌ها به فرکانس‌های مایکروویو، لامپ‌های مایکروویو تا حدی بسته به کاربرد، جای خود را به ادوات حالت جامد در این فرکانس‌ها دادند. قطعات نیمه‌هادی به سبب اندازه کوچک، استحکام، قیمت کم و سازگاری با مدارهای مجتمع در کاربردهایی که فرکانس و توان پایین و متوسطی مورد نیاز است، گزینه بسیار خوبی هستند.



شکل ۱: منحنی توان بر حسب فرکانس برای انواع تقویت‌کننده‌ها و کاربردهای مختلف[۱].

با افزایش فرکانس و توان، ساخت و تهیه قطعات نیمه‌هادی با مشکلاتی مانند قیمت بالا و هزینه ساخت و نگهداری بالا روبرو می‌شوند. ولی لامپ‌های مایکروویو به سبب عملکرد مناسبی که در توان و فرکانس‌های بسیار بالا دارند همواره به عنوان یکی از گزینه‌های اصلی انتخاب تقویت‌کننده‌ها در کاربردهای مرتبط هستند. بنابراین در محدوده توان و فرکانس‌های بالا از لامپ‌های مایکروویو استفاده می‌شود. شکل ۱ منحنی توان بر حسب فرکانس را برای انواع تقویت‌کننده‌ها و کاربردهای مختلف را نشان می‌دهد.

۲- لامپ مایکروویو

عملکرد کلی همه لامپ‌های مایکروویو مشابه یکدیگر است. لامپ‌های مایکروویو از یک محفظه خلا تشکیل شده‌اند که به وسیله برهم‌کنشی که بین الکترون‌ها و میدان‌های الکترومغناطیسی داخل لامپ وجود دارد، عمل تقویت‌کنندگی را انجام می‌دهند. مراحل تقویت‌کنندگی بدین صورت است که در گام نخست الکترون‌ها تولید می‌شوند، در گام دوم انرژی این الکترون‌ها توسط میدان‌های داخل لامپ افزایش می‌یابد تا به انرژی نهایی برسند. در گام سوم میدان‌های داخل لامپ به گونه‌ای بر الکترون‌ها اعمال می‌شود که بتوان تابشی با توان بالا و مشخصات مطلوب و مورد نظر تولید کند. در گام آخر نیز این تابش الکترومغناطیسی توسط یک آنتن به خارج از لامپ تزویج می‌شود. چند نمونه از لامپ‌های مایکروویو در شکل ۲ نشان داده شده است.

شکل ۲: چند نمونه از لامپ‌های مایکروویو. از راست به چپ به ترتیب کلایستون، مگنترون، IOT و تترود[۲].

لامپ‌های مایکروویو را براساس نوع برهم‌کنشی که باریکه الکترونی با میدان‌های الکترومغناطیسی ساختار دارند را می‌توان به دو دسته خطی و متقاطع طبقه‌بندی کرد. در لامپ‌های باریکه خطی که به نوع معمولی[1]

1 . Ordinary-type

نیز معروف هستند، میدان‌های الکترومغناطیسی داخل ساختار و مسیر حرکت ذرات در راستای یک خط است. از انواع این لامپ‌ها می‌توان به لامپ‌های کلایسترون[۲] و موج رونده[۳] اشاره کرد. در لامپ‌های میدان متقاطع که به نوع مغناطیسی[۴] هم شهرت دارند، میدان‌های داخل ساختار عمود بر مسیر حرکت ذرات است. لامپ مگنترون[۵] جز این دسته است و اولین لامپ مایکروویوی که در دهه ۱۹۳۰ ساخته شد[۳]. همچنین لامپ‌ها را می‌توان براساس نوع ساختار به دو دسته موج تشدیدی و موج رونده نیز طبقه‌بندی کرد. نوع دیگری از لامپ‌ها موسوم به ژایروترون[۶] وجود دارد که ترکیبی از دو دسته خطی و متقاطع است. در این لامپ‌ها مسیر حرکت ذرات به صورت مارپیچی است و فرکانس کاری لامپ مستقل از ابعاد ساختار است و تنها میدان مغناطیسی تعیین کننده فرکانس کاری لامپ است. همچنین به سبب آنکه در این لامپ‌ها سرعت فاز از سرعت نور بیشتر است به لامپ‌های موج سریع نیز شهرت دارند. ژایروترون‌ها یکی از منابع تولید و تقویت‌کنندگی امواج تراهرتز محسوب می‌شوند. در شکل ۳ انواع طبقه‌بندی برای لامپ‌های مایکروویو نشان داده شده است. همچنین محدوده توان و فرکانس کاری هر یک از لامپ‌های مایکروویو در شکل ۴ ارائه گردیده است. همچنین به منظور درک هر چه بهتر از تفاوت‌های لامپ‌های مایکروویو با یکدیگر، در جدول ۱ مقایسه‌ای بین چهار لامپ معروف و پر کاربرد مگنترون، کلایسترون، موج رونده و ژایروترون انجام شده است[۵].

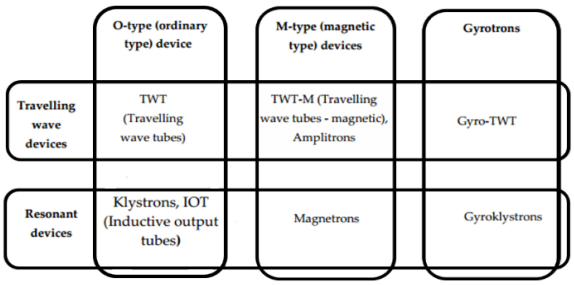
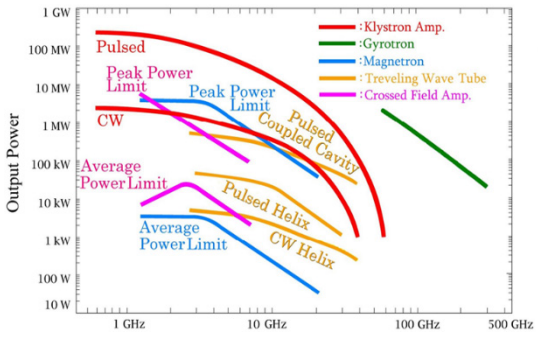


Figure 1. Classification of high-power vacuum electronic devices.

شکل ۳: طبقه‌بندی انواع لامپ‌های مایکروویو براساس نوع برهمکنش ذرات با میدان‌های الکترومغناطیسی

2 . Klystron
3 . Traveling-wave tube (TWT)
4 . Magnetic-type
5 . Magnetron
6 . Gyrotron

داخل لامپ[۴].



شکل ۴: محدود توان و فرکانس برای لامپ‌های مایکروویو.

جدول ۱: مقایسه‌ای بین چهار لامپ مایکروویو معروف مگنترون، کلایسترون، موج رونده و ژایروترون.

		Magnetron	Klystron	TWT	Gyrotron
Frequency range (GHz)	CW	1-25	0.5-40	3--40	30-300
	Pulse	1-25	0.5-50	3--40	30-300
Power level (MW@GHz)	CW	0.005 @ 3	1 @ 3	0.006 @ 3	0.2 @ 30
	Pulse	4 @ 3	80 @ 3	0.5 @3	1 @ 30
Phase Stability	CW	Good	Excellent	Good	Poor
	Pulse	Poor	Excellent	Good	Poor
Amplitude Stability	CW	Good	Excellent	Good	Fair
	Pulse	Poor	Excellent	Good	Fair
Noise level	CW	Good	Excellent	Good	Poor
	Pulse	Poor	Excellent	Good	Poor
Major Application	CW	Industrial App	Space Tele Communication		Plasma Heating
	Pulse (Short)	Radar	Particle Accelerator	Radar	Radar
	Pulse (Long)	Plasma Heating	Plasma Heating	Radar	Plasma Heating
Tube Structure		Simple	Complex	Medium	Complex

۳- لامپ کلایسترون

لامپ کلایسترون یکی از معروف‌ترین و پر کاربردترین لامپ‌های مایکروویو است که در توان و فرکانس‌های بالا به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. لامپ کلایسترون به دلیل داشتن پایداری بسیار خوب و بیشینه توان خروجی بالا در کاربردهایی مثل شتاب‌دهنده‌های ذرات که این موارد اهمیت زیادی دارد، به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. طرحواره این لامپ در شکل ۵ نشان داده شده است. عملکرد لامپ کلایسترون به صورت شرح زیر است:

۱) در گام نخست جریان پیوسته‌ای از الکترون‌ها در اثر پدیده گرما یونش در کاتد، تولید می‌شوند و به سبب اختلاف پتانسیل ثابتی که بین کاتد و آند تفنگ الکترونی وجود دارد به سمت آند حرکت می‌کنند.

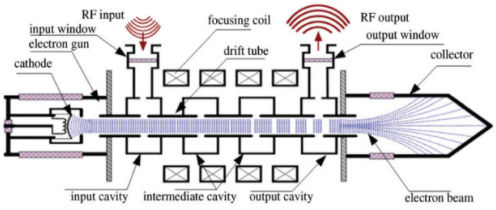
۲) در گام دوم، جریان پیوسته الکترونی توسط یک کاواک که خود به وسیله یک مولد موج بسامد رادیویی تحریک می‌شود، دسته می‌شوند. در این حالت دسته الکترونی دارای مؤلفه‌ای هم فرکانس با مولد موج بسامد رادیویی است.

۳) در گام سوم دسته‌های الکترونی مدوله

شده در گام قبل با گذر از کاواک‌های میانی، آن‌ها را برانگیخته می‌کنند و سبب ایجاد ولتاژ القایی در آن‌ها می‌شوند. این ولتاژ القایی کاواک، سبب فشرده‌تر شدن دسته‌ها در راستای طولی دسته‌های الکترونی می‌شود. با افزایش تعداد کاواک‌های میانی فشردگی دسته‌های الکترونی در راستای طولی نیز بیشتر می‌شود. همچنین دسته‌های الکترونی به وسیله میدان مغناطیسی محوری که به کمک مغناطیس‌های دائمی و یا الکتریکی در ساختار ایجاد می‌شود، در راستای عرضی فشرده‌تر می‌شوند. این فشردگی در دو راستای طولی و عرضی باریکه، سبب افزایش بازدهی و در نتیجه افزایش توان استخراج شده در خروجی لامپ می‌شود.

۴) در گام چهارم دسته‌های الکترونی با دیدن میدان الکتریکی هم جهت با خود در کاواک خروجی سرعت‌شان (انرژی آن‌ها) افت پیدا می‌کند، این افت سرعت یا انرژی، سبب تولید تابش الکترومغناطیسی می‌شود که توان این تابش متناسب با مشخصات ولتاژ و جریان باریکه الکترونی در کاواک خروجی است.

۵) در گام آخر نیز این تابش توسط یک آنتن یا تزویج‌کننده به خارج از محفظه لامپ منتقل می‌شود.



Schematic diagram of a klystron.

شکل ۵: طرحواره لامپ کلایستروں[۶].

۴- کلایستروں چند باریکه‌ای[۷]

از سال ۱۹۴۰ تا ۲۰۰۰ میلادی عمده توجه و تمرکز سازندگان و طراحان لامپ‌های مایکروویو بر روی توان و پهنای باند آن‌ها بود، به طوری که در سال ۲۰۰۰، کلایستروني با توان حدود ۱ گیگا وات توان خروجی، در مرکز شتابدهنده خطی دانشگاه استنفورد (SLAC) طراحی و ساخته شد. شکل ۶ روند رشد توان در لامپ کلایستروں تا سال ۲۰۰۰ را نشان می‌دهد. همانطور که گفته شد با افزایش کاربردها

7 . Multi-Beam Klystron (MBK)

و در نتیجه افزایش مصرف انرژی الکتریکی، داشتن توان بالا به همراه بازدهی بالاتر نیز در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفت. در حال حاضر کلایستروں‌هایی با بازدهی ۴۰ تا ۵۵ درصد به طور گسترده‌ای در فروشگاه‌ها یافت می‌شود و تعداد کمی از آن‌ها به بازدهی ۶۵ درصد و بالاتر می‌رسد[۴].

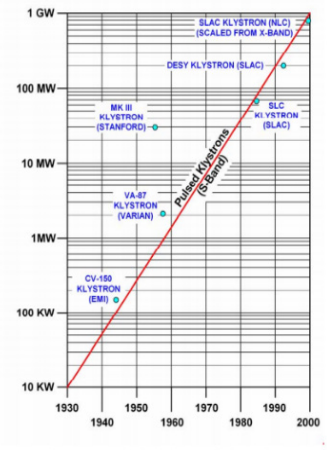


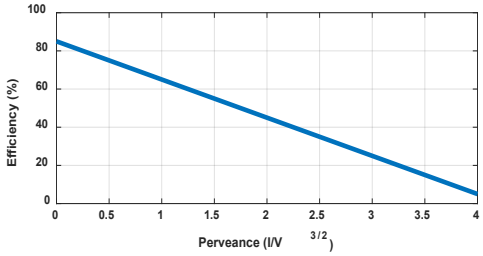
Fig. 13 Progress in the development of pulsed klystrons

شکل ۶: مراحل توسعه توان در کلایستروں‌های پالسی[۷].

توان خروجی در لامپ کلایستروں از ضرب جریان در ولتاژ باریکه الکترونی بدست می‌آید و از طرف دیگر، بازدهی لامپ به وسیله رابطه تجربی زیر با ولتاژ و جریان باریکه الکترونی مرتبط می‌شود. P در رابطه (۱)، نسبت $I/V^{3/2}$ باریکه الکترونی است که به آن پروینس[۸] گویند[۸].

منحنی بازدهی بر حسب پروینس در شکل ۷ نشان داده شده است. بنا بر رابطه (۱) مشاهده می‌شود که با افزایش ولتاژ باریکه الکترونی، بازدهی لامپ افزایش و همچنین توان خروجی آن افزایش پیدا می‌کند. بنابراین می‌توان با افزایش ولتاژ باریکه الکترونی به طور همزمان به توان بالا و بازدهی بالا دست یافت. اما افزایش بیش از حد ولتاژ، هزینه مولد ولتاژ توان بالا را افزایش می‌دهد و سبب افزایش پیچیدگی در طراحی می‌شود. همچنین در ولتاژهای بالا، کنترل پدیده‌هایی همچون پدیده شکست الکتریکی دشوار است. افزایش جریان باریکه الکترونی با وجود اینکه منجر به افزایش توان خروجی لامپ کلایستروں می‌شود، اما با توجه به رابطه (۱) بازدهی لامپ کاهش می‌یابد.

8 . Perveance



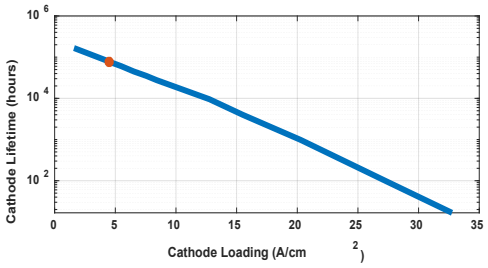
شکل ۷: منحنی بازدهی بر پرووینس در لامپ کلایسترون.

کلایسترون‌های معمول از یک باریکه الکترونی بهره می‌برند. در یک توان مشخص، برای رسیدن به توان بالا و بازدهی بالا می‌توان به جای استفاده از یک باریکه الکترونی با جریان بالا از چند باریکه با جریان پایین‌تر استفاده کرد. با کاهش مقدار جریان، بازدهی برای هر باریکه مطابق رابطه (۱) افزایش می‌یابد و در نتیجه بازدهی کل لامپ افزایش می‌یابد. کلایسترون‌هایی که از چند باریکه بهره می‌برند به کلایسترون‌های چند باریکه‌ای شهرت دارند.

همانطور که در بخش ۳ گفته شد میزان فشردگی باریکه الکترونی با بازدهی لامپ مرتبط است. هر چه قدر میزان این فشردگی بیشتر باشد، بازدهی لامپ بیشتر است. در کلایسترون‌های چند باریکه‌ای به سبب آنکه از چندین باریکه با جریان پایین‌تر استفاده می‌شود، بنابراین هزینه پایین‌تری برای مغناطیس‌های متمرکز کننده بدین منظور خرج خواهد شد و حجم و وزن کمتری نسبت به کلایسترون تک باریکه خواهند داشت.

مزیت دیگر جریان پایین‌تر، کاهش طول تفنگ الکترونی است. زیرا با کاهش جریان باریکه الکترونی، طراحی ساختار تفنگ الکترونی به منظور هدایت باریکه در محور آن ساده‌تر می‌شود و طول آن کوتاه‌تر خواهد شد.

ویژگی مثبت دیگر جریان پایین‌تر، افزایش طول عمر لامپ است. میزان چگالی جریان بارگذاری شده بر روی کاتد تفنگ الکترونی بر روی طول عمر کاتد و در نتیجه طول عمر لامپ کلایسترون تاثیر گذار است. منحنی طول عمر بر حسب چگالی جریان بارگذاری شده بر روی کاتد در شکل ۸ نشان داده شده است. به عنوان مثال با توجه به شکل ۸، با چگالی جریان بارگذاری شده ۴/۵ آمپر بر سانتی‌متر مربع می‌توان به طول عمر بیش از ۸/۵ سال در لامپ رسید.



شکل ۸: منحنی طول عمر بر حسب چگالی جریان بارگذاری شده بر روی کاتد تفنگ الکترونی[۸].

برای داشتن توان بیشتر می‌توان به جای افزایش ولتاژ باریکه‌های الکترونی، تعدادشان را افزایش داد. زیرا همانطور که گفته شد افزایش ولتاژ، سبب افزایش هزینه مولد ولتاژ توان بالا و همچنین کنترل کمتر بر روی پدیده‌هایی همچون شکست الکتریکی می‌شود.

همچنین افزایش ولتاژ می‌تواند منجر به ایجاد تشعشع از بدنه لامپ به خصوص در کلکتور شود، که این به نوبه خود کلایسترون را نیازمند به محافظ تشعشع پرتویی می‌کند.

همچنین ولتاژ بالاتر طراحی اجزا مختلف را پیچیده‌تر می‌کند. بنابراین ولتاژ پایین‌تر علاوه بر آنکه هزینه مولد ولتاژ توان بالا را کاهش می‌دهد، طراحی و ساخت اجزا مختلف را نیز ساده‌تر می‌کند.

مزیت دیگر پایین بودن ولتاژ کاهش نوسانات دامنه ولتاژ مولد ولتاژ توان بالا است. کاهش این نوسانات سبب کاهش نویز فاز در خروجی کلایسترون و در نتیجه افزایش پایداری لامپ است[۹].

همچنین در نتیجه کاهش ولتاژ و جریان، هزینه خنک‌کاری لامپ تقویت‌کننده نیز کاهش می‌یابد. هزینه‌ای که در مقابل مزایای یاد شده پرداخت می‌شود، افزایش پیچیدگی‌های طراحی و ساخت است.

سه نمونه کلایسترون چند باریکه‌ای باند L با توان خروجی ۱۰ مگا وات و بازدهی حدود ۷۰ درصد ساخت شرکت‌های توشیبا، تالس و صنایع قدرت و مخابرات در شکل ۹نشان داده شده است.

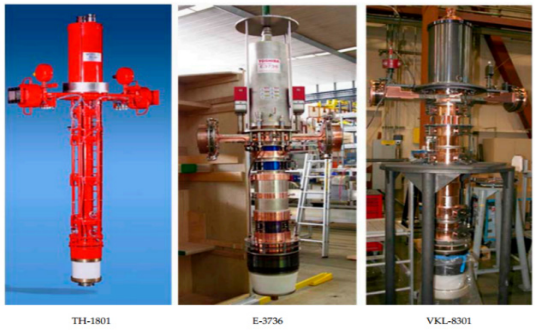


Figure 3. Modern industrial klystrons with maximum efficiency.

شکل ۹: کلایسترون‌های چند باریکه ساخته شده با بازدهی حدود ۷۰ درصد و توان خروجی ۱۰ مگا وات در باند L توسط شرکت‌های، راست) صنایع مخابرات و قدرت مدل VKL-۸۳۰۱، وسط) توشیبا مدل E-۳۷۳۶، چپ) تالس مدل TH-۱۸۰۱[۴].

۵- نتیجه گیری

با توجه به کاربرد روزافزون انرژی مایکروویو در صنایع گوناگونی همچون شتاب‌دهنده‌های ذرات که سالانه هزینه‌ای بالغ بر ۵۰۰ میلیارد دلار صرف ساخت، بهره‌گیری و تحقیق و توسعه آن‌ها انجام می‌شود[۱۰]، لزوم توجه به افزایش بازدهی مولدها و تقویت‌کننده‌های مایکروویو مورد استفاده در این صنایع به منظور کاهش مصرف انرژی الکتریکی بیش از پیش نمایان می‌شود. کلایسترون‌ها دارای توان خروجی بالا و پایداری بسیار خوبی هستند، به همین سبب در صنایعی همچون شتاب‌دهنده‌های ذرات به گسترده‌ای استفاده می‌شوند. کلایسترون‌های معمول تک باریکه هستند و بازدهی متوسطی دارند. برای افزایش بازدهی می‌توان به استفاده از یک باریکه با جریان بالا از چند باریکه با جریان پایین‌تر استفاده کرد. این کار مزایایی همچون افزایش بازدهی، افزایش طول عمر، افزایش پایداری و کاهش وزن و حجم لامپ را به ارمغان می‌آورد. در جدول ۲ به طور خلاصه مقایسه‌ای بین برخی مشخصات کلایسترون‌های چند باریکه و تک باریکه ارائه گردیده است.

جدول ۲: مقایسه برخی مشخصات کلایسترون‌های چند باریکه با تک باریکه.

مشخصه	کلایسترون چند باریکه	کلایسترون تک باریکه
توان خروجی	بیشتر	کمتر
طول عمر	بیشتر	کمتر
پایداری	بیشتر	کمتر
پهنای باند	بیشتر	کمتر
وزن و حجم	کمتر	بیشتر
خنک‌کاری	کمتر	بیشتر
پیچیدگی طراحی	بیشتر	کمتر
هزینه مولد ولتاژ توان بالا	کمتر	بیشتر

۶- مراجع

[1] "High Power Microwave Technology and Effects", A University of Maryland Short Course Presented to MSIC, Redstone Arsenal, Alabama, August 8-12, 2005.

[2] A. Nassiri, "RF Power Sources for XFELs and ERLs," ICFA Workshop on Future Light Sources, Thomas Jefferson National Accelerator Facility., March 8, 2012.

[3] David M Pozar, Microwave engineering, 4th edition, 2012.

[4] Andrei Baikov and Olga Baikova, "New High-Efficiency Resonant O-Type Devices as the Promising Sources of Microwave Power," Energies, 13, 2514, 2020.

[5] Richard G. Carter, "Microwave and RF Vacuum Electronic Power Sources," The Cambridge RF and Microwave

[6] John G. Webster, "Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering," John Wiley & Sons., 2014.

[7] George Caryotakis, "High Power Klystrons: Theory and Practice at the Stanford Linear Accelerator Center," Stanford Linear Accelerator Center., January, 2005.

[8] Christopher James Lingwood, "High Power High Efficiency Multiple-Beam Klystron Design," A Thesis submitted for the Degree of Doctor of Philosoph, April 2010.

[9] Gun-Sik Park, Victor L. Granatstein, "Phase Stability of Gyroklystron Amplifier," IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, VOL. 19, NO. 4, AUGUST 1991.

[10] Emmanuel, Tsesmelis, "Applications of Accelerators", Graduate Accelerator Physics Course, John Adams Institute for Accelerator Science, CERN & University of Oxford, 11 October 2017.

۷- معرفی افراد

محمد استوار
متولد تهران، مدرک کارشناسی خود را در سال ۲۰۱۸ از دانشگاه صنعتی شاهرود در رشته مهندسی برق مخابرات دریافت کرد و پروژه کارشناسی خود را در زمینه کاواک شتابدهی ذرات در طرح چشمه نور ایران گذراند. او هم اکنون دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق-مخابرات میدان و موج در دانشگاه تربیت مدرس است. تخصص او تحلیل، طراحی و اندازه‌گیری کاواک‌های بسامد رادیویی است. او همچنین عضویت رسمی دانشجویی انجمن IEEE را دارد و در شاخه دانشجویی IEEE دانشگاه تربیت مدرس از سال ۲۰۱۹ مشغول به فعالیت است. او از سال ۲۰۲۰ دبیری شاخه دانشگاه تربیت مدرس را بر IEEE دانشجویی عهده دارد.

بیژن عباسی آرند
مدرک کارشناسی مهندسی برق الکترونیک در سال ۱۹۹۵ از دانشگاه شیراز دریافت کرد و سپس در رشته مهندسی مخابرات در دانشگاه تربیت مدرس ادامه تحصیل داد. او مدرک کارشناسی ارشد و دکترا خود را در سال ۱۹۹۷ و ۲۰۰۳ دریافت کرد. او هم اکنون عضو هیئت علمی و دانشیار گروه مخابرات دانشکده مهندس برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس است.

ساسان احمدیان نمین
دانش‌آموخته رشته فیزیک در مقطع کارشناسی است. او کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی کاربرد پرتوها در دانشگاه شهید بهشتی گذراند و برای گذراندن دوره دکتری در رشته مهندسی کاربرد پرتوها به پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای رفت. او هم اکنون محقق پسا دکتری و عضو هیئت علمی در پژوهشکده ذرات و شتابگرهای پژوهشگاه دانش‌های بنیادی است.

فصل دوم

مقالات مروری و دانستنی‌های مهندسی برق

- دستکش های روباتیک دستیار هوشمند توانبخشی
- اتوماسیون سازی منازل و نظارت و کنترل از راه دور تجهیزات و وسایل خانگی با تکیه بر اینترنت اشیا
- بیتکوین و ارزهای دیجیتال
- آموزش مقدماتی برنامه نویسی پایتون
- نقشه مسیر دانشمند داده

- Robotic gloves intelligent rehabilitation assistant
- Home automation and remote monitoring and control of home appliances and appliances based on the Internet of Things
- Bitcoin and digital currencies
- Basic Python programming training
- Data scientist road map

دستکش های روباتیک دستیار هوشمند توانبخشی

لیلا سادات ساجدی[1]، دکتر فرزانه شایق[2]

۱- کارشناسی ارشد کنترل، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، Leila.sajedi@modares.ac.ir

۲- استادیار، دانشکده مهندسی برق گروه مخابرات دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، f.shayegh@iut.ac.ir

چکیده

سکته مغزی سالانه تعداد زیادی از افراد را تحت تأثیر قرار می دهد و بسیاری از بازماندگان حداقل بخشی از توانایی های خود را که برای تکمیل فعالیت های روزمره ضروری است، از دست می دهند. اگرچه توانبخشی را میتوان برای بهبود این توانایی ها به کار برد، اما بسیاری از بازماندگان ادعا می کنند که روش های متداول بی اثر و دلسردکننده هستند.

ربات های توانبخشی به یکی از اصلی ترین ابزارهای فنی تبدیل شده اند که اختلالات و بیماری های مختلف را به کمک مهندسی پزشکی درمان می کنند. دستکش رباتیک برای توانبخشی، اساساً از مواد تخصصی ساخته شده است که می تواند برای کمک به بیماران پس از سکته مغزی به کار گرفته شود. در این مقاله، مروری بر انواع مختلف دستکش رباتیک برای توانبخشی انجام شده است. مطالعات انتخاب شده با توجه به طراحی مکانیکی به چهار نوع طبقه بندی شده است. در آخر نیز چند دستکش هوشمند توانبخشی کاربردی، اقتصادی و پراستفاده در سراسر جهان معرفی و بیان شده است.

کلید واژگان: توانبخشی دست، سکته مغزی، روبات، دستکش، دستگاه های پوشیدنی، بازی های ویدئویی

Abstract

Stroke affects a large number of people every year. As a result, many survivors have lost at least some of their abilities which are necessary to complete their daily activities. Although rehabilitation can be used to improve these abilities, many survivors claim that conventional methods are ineffective and discouraging.

Rehabilitation robots have become one of the main technical tools that treat various disorders and diseases with the help of biomedical engineering. The robotic gloves for rehabilitation are basically made of specialized materials that can be designed to help patients after a stroke. This study reviews different types of robotic The selected studies are classified into four types according to the mechanical gloves for rehabilitation. design. Finally, some practical, economical and widely used rehabilitation smart gloves are also introduced.

Keywords: Hand rehabilitation, Stroke, Robot, Glove, Wearable devices, Video games.

۱- مقدمه

دست آسیب پذیرترین و آسیب دیده ترین اندام در زندگی روزمره است. سکته مغزی یکی از دلایل اصلی نارسایی عملکرد دست است. عملکرد دست عمدتا توسط حرکات انعطافپذیر و هماهنگ مچ دست و انگشتان انجام می شود. بنابراین، بازیابی قدرت عضله ی دست، دامنه ی حرکتی مفصل، هماهنگی و انعطاف پذیری انگشتان برای بیماران آسیب دیده از ناحیه دست بسیار مهم است. در طول توانبخشی، قدرت عضلانی، وضعیت و سایر اطلاعات انگشتان می تواند به طور دقیق وضعیت توانبخشی دست و انگشتان را منعکس کند و میتواند برای ارزیابی عملکرد دست استفاده شود.

درمان تجویزشده برای بیماران سکته مغزی، عمدتا شامل فیزیوتراپی دست ها برای تقویت عضلات است که بازیابی عملکرد از دست رفته مفاصل را نتیجه می دهد. یکی از اهداف اصلی درمان، تسکین درد و بازیابی عملکرد دست است که برای آن درمانگران دست از تمرینات محافظت مفصل و نرمش های روتین استفاده می کنند. به طور سنتی، فیزیوتراپیست ها از کمیت سنج (برای اندازهگیری زاویه های دست)، دینامومتر قدرت دست (برای اندازه گیری نیروی گرفتن دست) و پرسشنامه ارزیابی برای اندازهگیری پیشرفت بیماری و نظارت بر روند توانبخشی، یعنی توانایی بیمار برای انجام کارهای مختلف، استفاده می کنند. سپس، با روشهای تجزیه و تحلیل آماری بر اساس این نتایج به محاسبه سطح عملکرد دست بیمار می پردازند. نتایج این نوع روش سنتی به راحتی تحت تأثیر سطح آموزش و تجربه پزشکان قرار می گیرد زیرا اطلاعات بیماران به صورت دستی ثبت می-شود. علاوه بر این، بیماران هر بار که بخواهند پیشرفت خود را بررسی کنند، باید به کلینیک مراجعه کنند. این امر نه تنها کل روند را بسیار وقت گیر میکند بلکه هزینه های مراقبتهای بهداشتی را نیز افزایش می دهد.

اغلب اوقات، بیماران در مراکزی تحت درمان قرار می گیرند که آخرین پیشرفت ها در فن-آوری توانبخشی سکته مغزی را ندارند. سپس، بیماران بدون هیچ برنامه موثر برای خانه و بدون ابزار و منابع مورد نیاز برای بازتوانی، به خانه فرستاده میشوند. بیشتر فناوری های توان-بخشی مورد استفاده در منازل، گران قیمت، بی-اثر یا بسیار پیچیده برای مصرف خانگی است. حتی در کشورهای پیشرفته مانند ایالات متحده، بیمه به ندرت هزینه ی درمان طولانی مدت یا محصولات نوآورانه ی توانبخشی را پوشش می دهد. پیش بینی می شود کل هزینه های پزشکی مستقیم مربوط به سکته مغزی سالانه از ۷۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۲ به ۱۸۳ میلیارد دلار تا سال ۲۰۳۰ افزایش یابد.

همچنین در طول مسیر درمان، پزشکان به طور مرتب به بیماران سکته مغزی در مورد احتمال بهبودی بیشتر، اطلاعات غلط میدهند. به بسیاری از بیماران گفته می شود که به این حد بهبودی رسیده اند و پیشرفت اضافی امکان-پذیر نیست و بدون کمک، بیماران دچار وخیم تر شدن میزان فلجی اندام تحت تاثیر، کاهش دامنه حرکت، افزایش درد، افسردگی و پایین آمدن کیفیت زندگی می شوند.

اکنون می دانیم که بهبودی پس از سکته مغزی میتواند برای سال ها، حتی دهه ها ادامه یابد، اما تنها در صورتی که بیماران کمک لازم را دریافت کنند. تحولات اخیر در فناوری های پوشیدنی و اینترنت اشیا (IOT) میتواند با ارائه یک راه حل دقیق-تر، قابل اعتماد و اتوماتیک برای تعیین کمی پیشرفت توانبخشی، بسیاری از این مسائل را کاهش دهد.

رشد مداوم و طولانی مدت محصولات توان-بخشی سکته مغزی در بازار جهانی توسط عوامل مختلفی صورت میگیرد که عبارت است از:

- افزایش میزان بروز سکته مغزی به دلیل تغییر در آمارهای جمعیتی و سبک زندگی (با افزایش عمر افراد، در دوره ای از زندگی احتمال سکته مغزی بیشتر می شود).
- افزایش میزان بقای سکته مغزی به دلیل پیشرفت در مراقبت های پزشکی حاد (افزایش تعداد بازماندگان به معنای نیاز بیشتر به توانبخشی پس از سکته

مغـزی اسـت).

- افزایـش تقاضـا بـرای فنـاوری هـای جدیـد بـه دلیـل پیشـرفت در علـوم اعصاب (شـواهد جدیـد در مـورد انعطـاف پذیـری قشـر عصبـی نشـان مـی دهـد کـه رویکردهـای قدیمـی درمـان دیگـر کافـی نیسـتند).

- و سـرانجام بـا COVID-۱۹، شـاهد افزایـش سـکته مغـزی هسـتیم. بـه ویـژه بـا محدودیتهـای همـه گیـری، فوریـت و تقاضـا بـرای درمـان موثـر در خانـه افزایـش مـی یابـد.

۱-۱- سکته مغزی

سـکته مغزی یـا اصطـلاح دقیـق آن حـوادث مغزی-عروقی، نوعـی اختـلال نورولوژیـک ناگهانـی اسـت کـه در اثـر اختـلال خونرسـانی بـه ناحیـه ای از مغـز رخ مـی دهـد [۱]. بـه بیـان دیگـر اگـر خـون رسـانی بـه قسـمتی از مغـز دچـار اختـلال شـده و متوقـف گـردد، ایـن قسـمت از مغـز دیگـر نمیتوانـد عملکـرد طبیعـی خـود را داشـته باشـد.

ایـن وضعیـت را اصطلاحـاً سـکته مغـزی مـی نامنـد. سـکته مغـزی مـی توانـد بـه علـل مختلفـی ماننـد بسـته شـدن یـا پـاره شـدن یکـی از رگ هـای خونرسـان مغـز ایجـاد شـود کـه بـه ترتیـب سـکته ایسـکمیک[1] و سـکته هموراژیـک[2] نـام دارنـد [۱].

معمـولاً قبـل از بـروز سـکته مغـزی علائـم هشـدار دهنـده ای وجـود نـدارد یـا اینکـه علائـم بسـیار جزئـی هسـتند. بعـد از بـروز سـکته مغـزی بیمـار بایـد بلافاصلـه در بیمارسـتان بسـتری گشـته تـا از بـروز صدمـات دائمـی بـه مغـز جلوگیـری شـود. عوارضـی کـه بعـد از سـکته مغـزی ایجـاد میشـود بسـتگی بـه محـل سـکته و وسـعت بافـت هـای گرفتـار شـده ی مغـز دارد. عـوارض سـکته مغـزی از عـوارض خفیـف و گـذرا مثـل تـاری دیـد تـا عـوارض فلـج کننـده ی دائمـی یـا حتـی مـرگ را شـامل مـی شـود.اگر ایـن علائـم در طـول ۲۴ سـاعت از بیـن برونـد، ایـن وضعیـت را اصطلاحاً حملـه ایسـکمی گـذرا[3] مـی نامنـد کـه یـک علامـت هشـدار دهنـده از یـک سـکته مغـزی احتمالـی در آینـده می باشـد [۱].

1 Ischemic Stroke
2 Hemorrhagic Stroke
3 Transient ischemic attack

سـکته مغـزی سـومین عامـل مـرگ و میـر در جهـان اسـت [۱]. طبـق اعـلام سـازمان بهداشـت جهانـی ۱۵ میلیـون نفـر در سراسـر جهـان دچـار سـکته مغـزی مـی شـوند و از ایـن تعـداد ۵ میلیـون نفـر بـه کام مـرگ مـی رونـد و ۵ میلیـون نفـر از کارافتـاده و فلـج دائمـی هسـتند. هچنیـن مطالعـات نشـان مـی دهنـد کـه بـرای ۲۰ سـال آینـده مـرگ ومیـر ناشـی از سـکته در آمریـکای لاتیـن، خاورمیانـه و جنـوب صحـرای آفریقـا سـه برابـر خواهـد شـد. انجمـن سـکته مغـزی آمریـکا، تعـدادی از عوامـل خطـر سـکته مغـزی را شناسـایی کـرده اسـت کـه عبارتنـد از:

- سـن: سـکته مغـزی معمـولاً افـراد مسـن را درگیـر مـی کنـد، اگرچـه تعـداد قابـل توجهـی از افـراد جـوان نیـز وجـود دارنـد کـه دچـار سـکته مغـزی مـی شـوند. بعـد از ۵۵ سـالگی، احتمـال سـکته مغـزی بـرای هـر دهـه دو برابـر مـی شـود [۲].

- وراثـت: سـکته مغـزی ممکـن اسـت بـه دلیـل جهـش ژنـی ایجـاد شـود. از اینـرو اگـر یکـی از نزدیـکان فـرد دچـار سـکته مغـزی شـده باشـد، احتمـال سـکته مغـزی بیشـتر اسـت [۲].

- نـژاد: افـراد سـیاه پوسـت بیشـترین خطـر مـرگ ناشـی از سـکته مغـزی را دارنـد زیـرا احتمـال ابتـلا بـه فشـارخون بـالا، دیابـت و چاقـی در آنهـا بیشـتر اسـت [۲].

- جنسـیت: بـه طـور کلـی زنـان کمتـر از مـردان دچـار سـکته مغزی مـی شـوند[۲].

- بیمـاری هـای دیگـر: بیمـاری هـای شـریانی و قلبـی، فشـارخون بـالا و کلسـترول، دیابـت و بسـیاری دیگـر از بیمـاری هـای قلبـی احتمـال سـکته را افزایـش میدهـد [۲].

- عـادت هـای بـد: سیگارکشـیدن، سـو مصـرف الـکل و مـواد مخـدر، رژیـم غذایـی نامناسـب، عـدم تحـرک بدنـی و چاقـی خطـر ابتـلا بـه بیمـاری هـای مختلـف و سـکته را افزایـش میدهـد [۲].

- موقعیـت جغرافیایـی: سـکته مغـزی در کشـورهای در حـال توسـعه بیشـتر از

کشورهای پیشرفته است. در حالی که علت اصلی سکته مغزی در کشورهای پیشرفته پیری است، افزایش شیوع در کشورهای در حال توسعه به دلیل استعمال دخانیات، چاقی و عدم توانایی جلوگیری از سکته مغزی به دلیل کمبود تجهیزات پزشکی مدرن است [۲].

- عوامل اقتصادی-اجتماعی: مطالعات قبلی نشان داده است که سکته مغزی در افراد کمدرآمد بیشتر دیده می شود [۲].

بنابراین سکته مغزی سالانه تعداد زیادی از افراد را تحت تأثیر قرار می دهد. در نتیجه، بسیاری از بازماندگان حداقل بخشی از توانایی های خود را که برای تکمیل فعالیت های روزمره ضروری است، از دست داده اند. اگرچه از توانبخشی می توان برای بهبود این توانایی ها استفاده کرد، بسیاری از بازماندگان ادعا می-کنند که روشهای متداول دل سردکننده هستند. همچنین برای غلبه بر فلجی ممکن است بیمار ماه ها یا حتی سال ها تحت درمان شدید باشد.

مطالعات نشان داده است که توانبخشی حرکتی زودهنگام، یکی از مهم ترین عواملی است که به کمترین میزان ناتوانی و بهترین بازیابی عملکرد پس از سکته کمک می کند. این دوره توانبخشی معمولاً شامل چندین تمرین فشرده و بسیار تکراری است که برای کمک به مغز در برقراری اتصالات مجدد عصبی و بازیابی عملکرد از طریق انعطاف پذیری عصبی طراحی شده است.

۱-۲- اثرات سکته مغزی و توانبخشی

در اثر سکته، سلول های عصبی در ناحیه تحت‌تاثیر، آسیب دیده و بدون اکسیژن پس از چند دقیقه شروع به ازکارافتادن و ازبینرفتن می کنند. این امر باعث میشود قسمت هایی از بدن که این سلول های آسیب دیده آن را کنترل می کردند، از کارافتاده و در نتیجه مشکلات حرکتی، حسی و شناختی ایجاد شود. این اثرات اغلب دائمی هستند زیرا سلول های مرده ی مغز جایگزین نمیشوند. از این رو، بسته به محل سکته مغزی و میزان بافت مغزی که تحت تأثیر قرار می گیرد، ممکن است در حرکت در سمت راست بدن، صحبت یا درک گفتار (همه توسط قسمت چپ مغز کنترل می شود)، بینایی یا حرکت در سمت چپ بدن مشکل داشته باشد (هر دو توسط سمت راست مغز کنترل می شوند). وقتی سکتهمغزی در ساقه مغز رخ می دهد، میتواند بر روی حرکت چشم، عمل بلع، تنفس، هوشیاری و سایر عملکردهای خاص تأثیر بگذارد [۳].

با توجه به انعطاف پذیری و قابلیت های مغز، می توان حداقل برخی از ویژگی های عملکردی را بازیابی کرد. توانبخشی قسمت جدایی ناپذیر از روند بهبودی است و از بیمارستان آغاز می-شود که معمولاً از فعالیتهای جسمی، شناختی، عاطفی و درمانهای تجربی تشکیل شده است. با اینحال، توانبخشی برای هر فرد متفاوت است زیرا نوع و شدت سکته مغزی، سلامت عمومی، شخصیت و سایر حمایتهای دریافت شده، به عنوان مثال حمایت از طرف خانواده، باید مورد توجه قرارگیرد [۳].

هدف از توانبخشی کاهش اثرات سکته مغزی به منظور بازیابی استقلال فردی و دست-یابی به بهترین کیفیت زندگی است، به عنوان مثال توانایی انجام کارهای روزمره مانند آشپزی، لباس پوشیدن و شستن. همهی بازماندگان سکته مغزی به دلیل تأثیر ضعیف اثرات سکته مغزی نیازی به توانبخشی ندارند، اما انتظار می رود کسانی که این سکته را گذراندند، تعدادی فعالیت تجویزشده وفیزیوتراپی را برای مدت زمان خاصی انجام دهند.

۱-۳- انگیزه

سکته مغزی سالانه میلیون ها نفر در سراسر جهان را تحت تأثیر قرار می دهد. کسانی که زنده مانده اند حداقل مقداری ناتوانی جزئی دارند و از اینرو ممکن است نتوانند برخی از کارهای روزمره مانند پخت وپز، تمیزکردن، شست وشو و غیره را انجام دهند. بسیاری از افراد برای بازیابی حداقل برخی از توانایی های قبلی خود، به توانبخشی اعتماد می کنند [۲]. از آن-جا که ورزش مداوم مهم است، برای رسیدن به بهترین نتیجه ممکن، انگیزه داشتن امری حیاتی است. بنابراین، افراد تحت نظر باید تمرینات را

در خانه انجام دهند. با اینحال، ممکن است آن-ها اعتماد به نفس کافی نداشته و از توانبخشی منصرف شوند که به نوبه خود میتواند منجر به بهبودی ناقص شود [۳].

بعلاوه، مطالعات انجام شده در ایالات متحده انجام شد نشان داد که ۶ ۹٪ بازماندگان سکته مغزی به دلیل عدم کارآمدی و انگیزه، تمام ورزشهای مورد نیاز یا تجویزشده را در خانه انجام نمی دهند [۳].

همچنین ماهیت تکراری فعالیت ها نیز ممکن است آنها را کسلکننده کند و علاقه به انجام دادن تمرینها را کاهش دهد. بنابراین، اشیای تعاملی که انگیزه انجام چنین تمریناتی را ایجاد میکنند می توانند برای کمک به توان بخشی سکته مغزی استفاده شوند.

بسیاری از افراد مسن مبتلا به سکته مغزی نمی توانند مزایای فناوری را درک کنند یا به دلیل پیچیدگی بیش از حد اعتمادبه نفس کافی برای استفاده از آن را ندارند. بازماندگان سکته مغزی سالمند می گویند که با مراقبت از راه دور کاملاً راحت نیستند، اما درصورتی که به آنها در بازتوانی سکته مغزی کمک کند، مایل به استفاده از آن هستند. از آنجا که برخی از محصولات توانبخشی ممکن است به فناوری اضافی نیز نیاز داشته باشند، به عنوان مثال یک تلویزیون یا تبلت، برخی از مردم همچنین نگران پیامدهای مالی و فضای اضافی مورد نیاز بودند. از اینرو، محصولات توانبخشی سکته مغزی نباید خیلی فنی و پیچیده به نظر برسند و باید از راهنمایی کافی برخوردار باشند تا بازماندگان سکته مغزی توانایی آشنایی و استفاده از آنها را داشته باشند. علاوه براین، باید انگیزه و همچنین فضای لازم برای انجام تمرینات بدنی وجود داشته باشد.

همچنین، بازماندگان سکته مغزی به تمریناتی علاقه دارند که مربوط به فعالیت های مورد علاقه آنها باشد، به عنوان مثال خواندن کتاب یا بازی شطرنج، احساس اعتمادبه نفس در آنها ایجاد می کند و به آنها اجازه میدهد فعالیت داشته باشند و سایر اعضای خانواده را نیز شرکت دهند. تمام این موارد در مرحله طراحی فناوری مورد توجه قرار می گیرند.

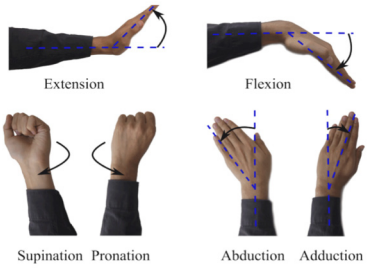
مصاحبه با متخصصان مراقبت های بهداشتی سکته مغزی نشان داده است که برای دستیابی به نتایج خوب، تمرینات باید معنی دار باشد. علاوه براین، مشخص شد که یادآوری های انجام تمرین نیز مهم است و همانطور که قبلاً ذکر شد مصاحبه ها تأیید کرده اند که ورزش ها باید سرگرم کننده، انگیزه دهنده، ایمن، متناسب با افراد و همچنین متعادل باشد، یعنی نه خیلی کم نه خیلی زیاد. علاوه براین، اشیای تعاملی باید توانمند و تشویق کننده، زیبا، ساده و کاربردی باشند.

۲- راه حل های موجود

چندین راه حل برای توانبخشی سکته مغزی وجود دارد. یک راه حل دستگاه هایی است که کاربر نم یتواند با آن ها ارتباط برقرار کند و عمدتا برای اندازه گیری، به عنوان مثال اندازه گیری قدرت عضلانی استفاده میشود. یک راه حل جایگزین، اشیای تعاملی است که برای ورزش استفاده می شود. به علاوه، برخی از دستگاه ها میتوانند هم برای اندازه گیری و هم برای ورزش یا فقط برای کمک به موارد خاص مانند راه رفتن استفاده شوند. از اینرو، اشیای تعاملی هنگام انجام تمرینات می توانند بسیار دل گرم کننده باشند [۳].

۲-۱- تمرینات دستی برای توانبخشی سکته مغزی

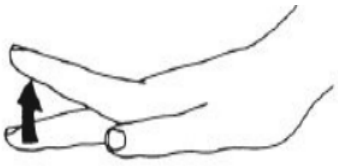
تمرینات زیادی وجود دارد که می تواند به توانبخشی سکته مغزی کمک کند. شکل ۱، تمرین مچ دست را نشان می دهد که شامل بلندکردن مچ دست به سمت بالا، پایین و طرفین و چرخش مچ دست به صورت دایره ای است. دستورالعمل های این تمرین کاملاً ساده و آسان است. علاوه براین، می توان از دست دیگر برای کمک به این تمرین استفاده کرد [۳].



شکل ۱ : کشش و خم کردن و حرکت مچ به طرفین [۴]

تقویت عضلات انگشت نیز مهم است. با انجام تمرینات خمش و کشش انگشت میتوان به این مهم دست یافت که در شکل ۲ نشان داده شده است. این تمرین شامل خم کردن انگشتان دست ضعیفتر به سمت کف دست و سپس صاف کردن مجدد آنهاست. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، تمرین دیگر بلندکردن انگشتان به سمت بالا و پایین است [۳].

شکل ۲ :کشش و خمشدن انگشتان [۳]



شکل ۳ : بلندکردن انگشتان [۳]

بسیاری از فعالیتهای روزمره، مانند دردست گرفتن ظرفهای سنگین یا بازکردن شیشهها، به قدرتِ گرفتن دست متکی هستند. از اینرو، تمرین گرفتن در شکل ۴ میتواند برای بهبود انعطافپذیری مفید باشد [۳].

شکل ۴ : تقویت قدرتِ گرفتن دست [۳]

۲-۲- فناوری های توانبخشی پوشیدنی

انواع مختلفی از ربات های توانبخشی برای اهداف مختلف تولید شده اند. این ربات ها می توانند با خدمات و انجام کارهای مختلف به بیماران کمک کنند. از روباتهای توانبخشی برای کمک به بازسازی آسیب ایجاد شده در مغز و در عمل به عنوان فیزیوتراپی استفاده می شود. یکی از پیشرفت ها برای کنترل سیستم دستکش روباتیک توانبخشی استفاده از سیگنال EMG تولیدشده از عضلات است. این نوع دستکش از آن جهت مهم است که حرکات انگشت را به میزان مورد نیاز تأمین میکند.

پیشرفت دیگر اتصال دستگاه تلفن هوشمند برای کنترل سیستم روباتیک است. همچنین کنترل دستکش رباتیک هوشمند با تجزیه و تحلیل حرکت دست از طریق پردازش تصویر یا عمل از راه دور نیز امکانپذیر است و یکی از روش های مورد استفاده در موارد خاص بیماران سکته مغزی است [۵]. برخی از دستکش های رباتیک با کمک فناوری واقعیت مجازی و با افزایش تمرکز روی روند توانبخشی به بیماران سکته مغزی کمک می کند. با ادغام واقعیت مجازی با طرح اصلی دست کش میتوان برای تحریک ناحیه آسیب دیده مغز و تقویت ارتباط بین مغز و دست آسیب دیده استفاده-کرد. همچنین می توان، اطلاعات حرکت دست را به یک برنامه ی واقعیت مجازی ارسال کرد تا صحت حرکات توانبخشی مشخص شود. نوع دیگر کنترل دستکش دستورالعمل های صوتی برای کنترل روند باز و بسته شدن دستکش در هنگام توانبخشی است [۵]. یکی از مهمترین خصوصیات دستکش رباتیک هنگام ساخت این است که کم هزینه و سبک وزن باشد و اگرچه انواع مختلفی از مواد اولیه برای تولید دستکش مانند پارچه، لاستیک و پلاستیک وجود دارد اما دستکش ساختهشده توسط سیلیکون برای استرلیزه آسان و استفاده در بیمارستان برای بیش از یک بیمار مورد توجه است [۵].

همچنین یکی از کاربردهای دستکش رباتیک، گرفتن اشیا است. درنظرگرفتن کنترل نگه داشتن اشیا و جلوگیری از لیزخوردن یا افتادن از دستکش، در طراحی مهم است. به علاوه، چندین آزمایش برای باز و بسته کردن دستکش

قبل از شروع استفاده توسط بیمار انجام میشود تا اطمینان حاصل شود که دست بیمار آسیب نبیند. این دستکش ها برای مصارف خانگی طراحی شدهاند، بنابراین بدون عارضه، ارزان و سبک وزن هستند.

۲-۳- طراحی مکانیکی براساس عملگر

بسته به نوع محرک به کاررفته در طراحی دستکش، انواع مختلفی وجود دارد و می توان آنها را در ۴ گروه تقسیم بندی کرد. در ادامه، بررسی این طرحها با ذکر مشخصات ارائه می شود.

۲-۳-۱- دستکش روباتیک براساس عملکرد حرکتی تاندون

این دستکش های رباتیک براساس اصل حرکتی تاندونها کار می کنند و شبیهس ازی عملکرد تاندون های دست انسان با حرکت گذرای عضلات به اندام های فوقانی و تحتانی بدن انسان را شامل می شود. روند توانبخشی عمدتا به تکرار تمرینات بستگی دارد و نتایج این روند با مقایسه حرکت دست قبل از تمرینات و بعد تمرینات به وضوح نشان داده می شود. در این دستکش ها تاندون ها به سختی به دستکش متصل شده اند تا از باز و بسته شدن دست های بیمار در هنگام توانبخشی اطمینان حاصل کنند. قطعات مورد نیاز برای محکم کردن تاندونها به دستکش توسط چاپگرهای سه بعدی طراحی شده است. دستکش با اتصال پردازنده ی آردوئینو به عملگرهایی که حرکت دست را انجام می دهند، کنترل می شود [۵].

در سال ۲۰۱۳ هیونکیاین و همکاران [۶] نیروی وارد شده به مفاصل انگشت را که توسط نیروی تولیدشده در دستکش SNU Exo حاصل می شود، تحلیل و انالیز کرد. این دست رباتیک پوشیدنی بدون مفصل است که توسط تاندون هایی که مستقیماً روی دستکش متصل شده اند حرکت داده میشوند. این دستکش سه موتور دارد که اولین موتور انگشت شست را حرکت می دهد. دومی برای حرکت انگشت اشاره و سومی برای حرکت انگشت میانی است. حرکت از محرک ها به انگشتان، توسط تاندون ها انجام می شود که شبیه عملکرد تاندون ها در دست انسان است. نیروی تولیدشده در دست انسان قبل از استفاده از دستکش مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد زیرا نیرویی که به مفاصل انگشتان دست وارد می شود باید برای بیمار تعیین شود که دارای مفاصل ضعیف تر از مفاصل انگشتان سالم است. دستکش در شکل ۵_الف نشان داده شده است [۵].

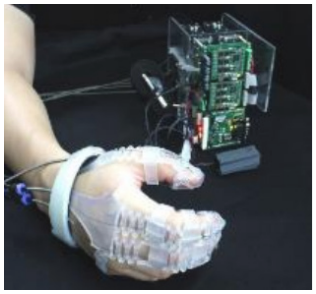
در سال ۲۰۱۵ نیک و همکاران [۷] پیشنهاد دادند که دستکش رباتیک دارای ۶ محرک DC، پنج محرک برای پنج انگشت و ششمین محرک برای آرنج باشد. محرک ها روی مچ قرار دارند تا از فشار وارد شدن به اندام به دلیل سنگینی وزن آنها جلوگیری شود. موتورها به صورت کنترل از راه دور در یک بلوک خارجی قرار داده شده اند و وزن دستکش ۲,۷۵ کیلوگرم است. بنابراین، این دستکش رباتیک برای بیمار وزن کمی دارد و با هزینه کم در دسترس است و می تواند در خارج از کلینیک برای بیمارانی که نیاز به توانبخشی دارند قابل استفاده باشد و همچنین توانبخشی آرنج نیز در این سیستم اضافه شده است تا مفیدتر باشد(شکل ۵_ب) [۵].

الف ب

شکل۵_الف: دستکش SNU Exo [۵]
شکل۵_ب: دستکش حرکتی تاندون [۵]

در سال ۲۰۱۶ کانگ و همکاران [۸] یک دستکش رباتیک مبتنی بر حرکت تاندون اختراع و از سیلیکون به عنوان ماده اولیه در تولید استفاده کرد تا بیش از یک نفر بتواند از آن استفاده کند زیرا استریل است. این دستکش توسط دو محرک رانده میشود، یکی برای انگشت شست و دیگری برای انگشتان اشاره و میانی با همدیگر. این محصول یک سیستم جدیدتر از دستکش Exo است که از سیلیکون

به جای پارچه در طراحی آن استفاده شده است. نتایج نشان می دهد که این دستکش توانایی تحمل وزن بین ۱ تا ۱,۵ کیلوگرم را دارد. دستکش در شکل ۶ نشان داده شده است [۵].



شکل ۶ : دستکش سیلیکونی [۵]

۲-۳-۲- دستکش روباتیک بر اساس عمل پنوماتیک

این نوع دستکش های رباتیک با فشار هوای عبور داده شده از لوله های هوا کارمی کنند و توسط ولوهای فشارخاص کنترل می شوند و منبع این فشار کمپرسور هوا است. این محرک های پنوماتیک برای باز و بسته شدن انگشتان به دستکش متصل میشوند. دستکش را می توان متناسب با اندازه انگشتان بیمار طراحی کرد. سنسورهای فشار موجود در دستکش برای اندازهگیری قدرت گرفتن به کاربرده می شود. بیشتر این دستکش های رباتیک، با عملگری کارمی کنند که توسط سیگنال EMG و پس از تشخیص این سیگنال، کنترل می شوند. در این نوع دستکش، بسته شدن انگشتان با افزایش فشار داخل محرک و باز شدن با کاهش فشار حاصل میشود. مقدار خمش را می توان با اندازه گیری زاویه های خمش انگشتان تحت تاثیر، برای دانستن سطح بهبودی بیمار به دست آورد [۵].

در سال ۲۰۱۴ پلیگرینوس و همکاران [۹] یک دستکش رباتیک نرم متشکل از محفظه های الاستومری تحت فشار مایع پیشنهاد داده اند. سیستم کنترل با سنسورهای فشار برای کنترل فشار خروجی محرک های پنوماتیک طراحی شده و سپس توسط یک کنترل کننده ی حلقه بسته تنظیم می شود. این دستکش رباتیک ویژگی های فوق العاده ای از جمله: آزادی بیشتر، ایمنی، هزینه ی کم، قابلیت جابجایی داشته و بسته به آناتومی دست قابل تنظیم است. وزن این دستکش کمتر از ۰,۵ کیلوگرم باشد و قسمت کنترل کننده کمتر از ۳ کیلوگرم است. اجزای سیستم در داخل یک محفظه نصب شده و شامل (I) باتری لیتیوم پلیمر با تنظیمکننده ی توان، (II) میکروکنترلر (آردوئینو مگا)، سنسورهای فشار و صفحه کنترل، (III) پمپ هیدرولیک با حجم ۲۵۰ میلیلیتر و (IV) قطعات دیگر مانند: شیرهای برقی، سوئیچهای مکانیکی و ولتمتر برای نشان دادن سطح باتری است. آنچه در شکل ۷_الف نشان داده شده است [۵].

در سال ۲۰۱۶ یاپ و همکاران [۱۰] یک دستکش رباتیک مجهز به محرک های بادی ارائه دادهاند که توسط پیوند حرارتی ورقهای پلاستیکی انعطافپذیر ساخته شده است تا بتواند با تولید نیروی مناسب به بیماران کمک کند تا انگشتان خود را بازکنند. روند توانبخشی با تکرار وظایف انجام میشود. این دستگاه می تواند به گونه ای طراحی شود که بیمار بازکردن انگشتان را به کمک دستکش انجام دهد و فرایند بستن انگشتان توسط شخص، داوطلبانه انجام شود. تأمین هوا از منبع کمپرسور هوا به محرک، از طریق یک لوله پلاستیکی انجام می گیرد. وزن کلی این دستگاه تقریباً ۱۵۰ گرم بوده که نسبت به انواع دیگر سبک تر است. جعبه کنترل را می توان از سیستم دستکش و دست جدا کرد تا وزن روی دست و بازو کم شود. سیستم پنوماتیک دستکش از سنسور کمپرسور هوا، شیرهای برقی و کمپرسور کوچک هوا تشکیل شده است (شکل ۷_ب). این نوع دستکش رباتیک به منظور توانبخشی نرم به بیماران ارائه میشود و به گونه ای درنظرگرفته شده است تا بیماران دست خود را به روشی نرم و اهسته باز و بسته کنند و بیماران نیروی نسبتاً کمی برای باز و بسته شدن در مقایسه با نوع محرک تاندون نیاز دارند [۵].

الف

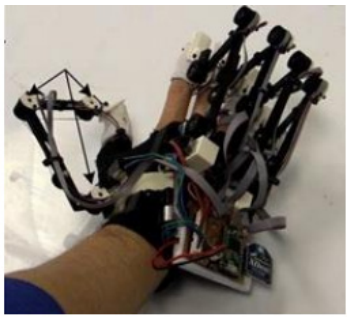
ب

شکل ۷_الف : دستکش روباتیک نرم [۵]

شکل ۷_ب : دستکش با عملگرهای بادی [۵]

۲-۳-۳- دستکش رباتیک اسکلت خارجی

در سال ۲۰۱۵ ژوما و همکاران [۱۱] سیستم قادر به یادگیری حرکت انگشت و ایجاد فشار، برای حرکت اشیا مختلف و ثبت و تجزیه و تحلیل حرکات و عملکرد دست با الگوهای گرفتن و آزادشدن اشیا پیشنهاد کرد. داده های اولیه از دست سالم جمع آوری شده و برای تعیین توانایی اثربخشی دستکش روی دست، تجزیه و تحلیل شده است. محرک یک پیستون پنوماتیک است که در داخل دستکش قرار دارد. کمپرسور هوا و دستگاه های پشتیبانی برای تغذیه و کنترل دستکش مورد نیاز هستند. این دستکش رباتیک از دو قسمت اصلی تشکیل شده است: ماژول بازو و ماژول دستکش [۵]. کنترل الکتریکی، سه عملگر و یک پوشش پارچه ای در ماژول بازو موجود است. ماژول دستکش شامل یک دستکش و پنج حسگر FSR می باشد که در نوک انگشتان قرارداده شده است. وزن دستگاه حدود ۷۷۰ گرم میباشد. بخش های سیستم عبارتند از: روش نمایش داده ها، الگوریتم یادگیری ماشین، سیستم دستکش ایمن، یک برنامه سه بعدی GUI و روش مهندسی توانبخشی. نیروی عادی توسط محدودیت سنسور مقاومت های سنجش نیرو (FSR) کنترل و توسط سنسورهای پیزوالکتریک اندازه گیری شده است. از الکترومیوگرافی سطح (sEMG) برای تعیین میزان فعال شدن عضله استفاده شده است (شکل ۸). این نوع دستکش رباتیک شبیه نوع مبتنی بر حرکت تاندون است اما از نظر ساختار پیچیده تر است و معمولاً با سیستم های ویدیویی تعاملی برای افزایش توانایی ذهنی بیماران پس از سکته مغزی در روند توانبخشی استفاده می شود [۵].



شکل ۸ : دستکش روباتیک اسکلت خارجی [۵]

۲-۳-۳- دستکش های روباتیک مبتنی بر فناوری های دیگر

فناوری های دیگری وجود دارد که در طبقه بندی های قبلی وجود ندارد. یکی از روش های مدرن کنترل دستکش، با حس کردن سیگنال EMG است. این نوع دستکش از آن جهت مهم است که حرکات انگشت را به میزان مورد نیاز تأمین می کند. دستکش می تواند حرکات خاصی را انجام دهد و این حرکات را اندازه گیری کند تا اثربخشی درمان دست را ببینند. با تجزیه و تحلیل حرکت دستکش از طریق پردازش تصویر، میتوان از اثربخشی دست مطلع شد [۵].

۲-۴- نمونه هایی از دستکش های توانبخشی پیشرفته

۲-۴-۱- دستکش هوشمند Rapael

Neofect در کره جنوبی یک دستکش هوشمند به نام Rapael ساخته است تا به افراد آسیب دیده مغزی-عصبی و توانبخشی دست کمک کند. دستکش پوشیدنی برای اجرای انواع بازی های توانبخشی، به یک محیط از نوع واقعیت مجازی متصل می شود که می تواند دامنه حرکات را ارزیابی کند و مملو از سنسورهایی برای اندازه گیری حرکات انگشت و مچ دست است که آنها را تجزیه و تحلیل کند و به متخصص فیزیوتراپی اجازه میدهد تا پیشرفت بیمار خود را از اطلاعات بارگذاری شده در نرم افزار همراه این دستکش، در عمل مشاهده کند. علاوه براین، تعدادی تمرین شبیه بازی را در اختیار کاربر قرار می دهد که حرکات عملکردی مختلفی را انجام می دهد، مانند حرکات مربوط به کارهای روزمره (خم شدن/ کشش مچ دست، خم شدن/ کشش انگشت) به روشی موثر و سرگرم کننده.

این نرم افزار با توجه به الگوریتم برنامه یادگیری که سعی در ایجاد تعادل بین چالش و انگیزه دارد، سطح دشواری یک بازی را تنظیم و وظایف جدیدی را ایجاد می کند. پایگاه داده بازی ها ماهانه به روز می شود و شامل بازی هایی مانند فشردن پرتقال، ریختن نوشیدنی، گرفتن توپ یا نقاشی روی حصارها می شود. بیماران همچنین می توانند نتایج عملکرد خود، مانند وضعیت فعلی و پیشرفت های خود را به صورت تصویری مشاهده کنند [۳].

این دستکش از میکروکنترلر فوق العاده کم مصرف ARM Cortex-M3، سنسورهای خمش (مقاومت های متغیر) برای تشخیص خم شدن انگشت فرد بیمار در یک جهت یا جهات متفاوت و واحد اندازه گیری اینرسی ۹ محوره استفاده می کند که حرکات جداگانه را اندازه گیری می کند. دادهها به صورت بیسیم از طریق بلوتوث به رایانه ارسال می شوند. به علاوه، این دستکش ارگونومیک است و فقط ۱۳۲ گرم وزن دارد [۳].

طبق مطالعه صورت گرفته در این شرکت، ۴۶ بازمانده سکته مغزی که از دستکش یا از روش های معمول برای توانبخشی دست و بازو استفاده می کردند، مورد ارزیابی واقع شدند. این مطالعه نشان داد که کسانی که از دستکش استفاده می کنند به طور قابل توجهی بهبود یافته در حالی که بازماندگان سکته مغزی با استفاده از روش معمولی هیچ پیشرفت قابل توجهی نداشته اند. ازاینرو، می توان گفت که اشیا تعاملی علاوه بر تأثیرگذاری بالقوه در ایجاد انگیزه، در بازپروری عملکرد نیز مفید هستند.

NEOFECT در سال ۲۰۱۰ تاسیس شده است و یک شرکت در زمینه سلامت است که چشم انداز آن ارائه یک سیستم ارزان قیمت و موثر در خانه برای کمک به بیماران مبتلا به اختلالات سیستم عصبی مرکزی مانند سکته مغزی می باشد [۱۲]. این دستگاه از دسامبر ۲۰۱۴ در تعدادی از بیمارستان های بزرگ کره جنوبی با موفقیت به کار گرفته شده و برای استفاده در ایالات متحده و اروپا تأیید شده است. NEOFECT در کره جنوبی، سانفرانسیسکو و لهستان دفتر دارد [۱۲].

شکل ۹ : دستکش توانبخشی Rapael [۱۳]

۲-۴-۲- دستکش MusicGlove

چند سال پیش، یک شرکت مستقر در کالیفرنیا به نام Flint Rehab فناوری خود به نام MusicGlove را ایجاد کرد. MusicGlove یک دستکش مجهز به سنسور است که برای افزایش درگیرشدن بیمار از تمرینات درمانی مبتنی بر بازی استفاده میکند و انجام تمرینات لازم برای بازیابی مهارت دست پس از سکته مغزی یا آسیب عصبی دیگر را تشویق می کند.

MusicGlove ابزاری تمرینی است که توسط افراد مبتلا به اختلال در عملکرد دست به دلیل سکته، آسیب نخاع، آسیب مغزی و یا آسیب های عصب شناسی استفاده می شود.

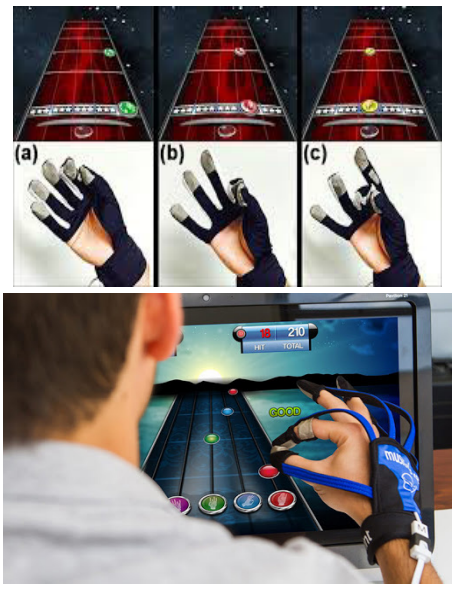
این دستگاه شامل سنسورهای لمسی سفارشی و مبتنی بر پارچه است که در نوک هر انگشت قرار داده شده و یک حسگر اضافی در کنار انگشت اشاره وجود دارد و به رایانه یا تبلت کاربر متصل می شود. این سنسورها به MusicGlove این امکان را می دهد تا انجام حرکاتی که در فیزیوتراپی معمول انجام می شود و اغلب در زندگی روزمره استفاده میشود (به عنوان مثال محکم نگه داشتن کلید یا گرفتن یک پنس) را تشخیص دهد [۱۴]. برای تمرین، کاربران به راحتی دستکش را می بندند و سپس یک بازی ویدیویی درمانی مبتنی بر موسیقی انجام می دهند. نتهای موسیقی در کنسول صفحه لمسی نمایش داده می شوند[۱۴]. نتها با ریتم آهنگ های خوش صدا تنظیم می شوند. سپس، هنگام پوشیدن دستکش، کاربر حرکات خاص دست

و انگشت را به موقع و همزمان با نتها کامل می کند. این امر درمان دستی معمول را به یک تجربه جذاب و برانگیزاننده تبدیل می کند که کاربران را در بهبود خود مجذوب می کند. این برنامه دقت و سرعت را در انجام حرکات اساسی مانند گرفتن و فشردن اجسام پیگیری میکند و به کاربر بازخورد فوری درباره پیشرفت آنها می دهد.

چندین عنصر MusicGlove را از روش درمانی معمول توانبخشی جدا می کند. اولین و شاید مهمتر از همه، باعث ایجاد انگیزه در کاربران میشود تا به اندازه کافی برنامه درمانی خود را برای دیدن نتایج ادامه دهند. تعامل با رایانه و گوش دادن به موسیقی سرگرم کننده است و هدفی را برای حرکت انگشتان فراهم می کند. بازیهای مبتنی بر موسیقی، مانند Rock Band یا Guitar Hero از محبوب ترین بازی های رایانهای در تمام دوران ها هستند و در طول صدها ساعت بازی همچنان علاقه کاربران را حفظ کرده اند. با استفاده از یک رویکرد مشابه، از تجربه این بازی های اعتیادآور در جهت کمک به توانبخشی استفاده شده است و کاربران مشتاقانه از آن در حال استفاده هستند. از زمان طراحی و ساخت دستکش، این تیم به گسترش انتخاب موسیقی می پردازد و علاوه بر بسته اهنگ پاپ، بسته های آهنگ کلاسیک و راک را در ادامه اضافه خواهد کرد. دوم، بیشتر درمان های معمول دستی برای کمک به باز شدن دست و حرکت طراحی شده است، اما سیستم عصبی مغز را دوباره آموزش نمی دهد تا دوباره از دست استفاده کند. اما این دستگاه برای تحریک انعطاف پذیری عصبی طراحی شده است (فرایندی که مغز برای برقراری مجدد اتصالات عصبی بعد از آسیب از آن استفاده می کند). هرچه کاربر بیشتر بازی های MusicGlove را بازی کند، مغز او بهتر کنترل می شود که به نوبه خود منجر به بهبود طولانی مدت در توانایی استفاده از دست خود می شود، حتی در صورت جدا شدن دستکش.

تمریناتی که کاربران با MusicGlove انجام می دهند، درواقع همان تمریناتی هستند که در درمان دستی معمول انجام می دهند. تفاوت در این است که تعداد تکرارهای انجام شده در درمان دستی معمولاً مرتبه هایی کمتر از آنچه برای بهبود حداکثر لازم است، می باشد. استفاده از MusicGlove، برای کاربران آسان است زیرا می توانند هزاران بار تمرین را تکرار کنند، بدون اینکه حتی احساس کنند در حال انجام درمان هستند. دو آزمایش کنترل شده تصادفی برای مقایسه MusicGlove با درمان معمولی به اتمام رسانده شده است، یکی در کلینیک و دیگری در منزل. در هر دو مورد، بیمارانی که از MusicGlove استفاده کرده اند نسبت به بیمارانی که درمان معمولی انجام داده اند، به طور قابل توجهی پیشرفت در عملکرد دست داشته اند. این پیشرفت های عملکردی همچنین منجر به بهبود قابل توجهای در توانایی بیماران در انجام فعالیت های زندگی روزمره مانند امکان بازکردن در، مسواک زدن دندان ها و شستن ظرف ها به طور مستقل شده است. قابل ذکر است که در مطالعه خانگی، کاربران MusicGlove در واقع حتی بیشتر از آنچه از آنها خواسته شده انجام می دهند، فقط به این دلیل که آنها از این کار بسیار لذت میبرند. این دلیل اصلی پیشرفت بیشتر آنها در عملکرد دست نسبت به گروه دیگر است. ثابت شده است که ورزش با MusicGlove در طی دو هفته عملکرد دست را بهبود میبخشد و بیماران معمولاً در یک جلسه ۴۵ دقیقهای به بیش از ۲۰۰۰ حرکت دست می یابند. MusicGlove می تواند روش پزشکان برای فیزیوتراپی دست را تغییر دهد. از آنجا که دستگاه بدون دخالت مستقیم درمانگر بسیار کارآمد است، کلینیک ها میتوانند خدمات فشرده دیگری را بدون افزایش کارکنان ارائه دهند. همچنین MusicGlove داده های دقیقی را ضبط می کند که به تعیین اهداف و پیگیری پیشرفت بیمار کمک می کند [۱۴].

MusicGlove اکنون در برترین برنامه های توانبخشی در ایالات متحده، از جمله موسسه توانبخشی شیکاگو و مرکز توانبخشی ملی Rancho Los Amigos مورد استفاده قرار می گیرد و توسط موسسه ملی بهداشت و سازمان ملی معلولیت و تحقیقات توانبخشی پشتیبانی می شود.



شکل ۱۰ : دستکش MusicGlove [۱۵]

۲-۴-۳- دستکش HandTutor

HandTutor اولین محصول در زمینه محصولات توانبخشی نوآورانه بود که توسط MediTouch، یک شرکت مستقر در اسرائیل و متخصص در دستگاه های بازخورد حرکتی-پوشیدنی و کمهزینه برای توانبخشی اندام های فوقانی و تحتانی، تولید شد.

HandTutor یک سیستم توانبخشی دستی مبتنی بر رایانه است که برای کمک به توانبخشی حرکتی عملکردی و پس از سکته مغزی یا آسیب عصبی، شکستگی ها و آسیب های بافت نرم، آسیب های سر و جراحی ارتوپدی و همچنین در بیمارانی که از بیماری اماس ، فلج مغزی و بیماری پارکینسون رنج میبرند، ساخته شده است.

این سیستم از یک دستکش پوشیدنی و یک نرم افزار توانبخشی تشکیل شده است و به کاربرامکان می دهد طیف وسیعی از گزینه های ارزیابی را داشته باشد. این موارد شامل سرعت، آنالیز حرکات انگشتان و مچ دست و دامنه حرکت فعال و غیرفعال است [۱۶].

این ابزار فیزیکی به درمانگران اجازه می دهد تا با توانایی حرکتی بیماران کار کنند و به آن ها انگیزه می دهد تا تمرینات خود را با بازی های سبک و دارای بازخورد زیستی- حرکتی تکرار کنند. این سیستم برای کمک به فیزیوتراپی کنترل شده ی دست در خانه و در محیط های بالینی و همچنین برای کمک به بهبود حرکتی، توانایی شناختی و حسی ایجاد شده است [۱۷].

HandTutor اطلاعات کمی زیستی را در اختیار درمانگران قرار می دهد که آنها را قادر می سازد بیماران را به صورت عینی ارزیابی کرده و پیشرفت آنها را در مراکز توانبخشی یا از راه دور کنترل کنند [۱۷].

این سیستم به طور فعال بیماران را در فرآیند درمان خود درگیر می کند و به آن ها برای حرکات موفقیت آمیز دست و انگشت امتیاز می دهد و هرچه پیشرفت می کنند، اهداف جلسه جدید را به طور خودکار تعیین می کند. یک مطالعه آزمایشی تصادفی که با بیماران سکته مغزی در مرکز پزشکی و توانبخشی Reuth در اسرائیل در سال ۲۰۱۱ انجام شد، بهبود قابل توجه ای را پس از ۱۵ جلسه با HandTutor نشان داد. امروزه، این سیستم در مراکز توانبخشی در سراسر جهان مورد استفاده قرار می گیرد [۱۷].

شکل ۱۱ : دستکش HandTutor [۱۷]

۲-۴-۴- دستکش رباتیک نرم موسسه Wyss

این دستکش رباتیک سبک توسط مهندسان موسسه Wyss و دانشکده مهندسی و علوم کاربردی دانشگاه هاروارد جان پائولسون (SEAS) ساخته شده است و هدف نهایی آن کمک به توانبخشی بیماران دارای اختلالات عصبی می باشد.

تیمی از مهندسان به سرپرستی متخصص رباتیک نرم پوشیدنی، کانور والش، به نتایج

امیدوارکننده‌ای در نمونه‌سازی دستکش رباتیک نرم و آزمایش این فناوری رسیده اند که به عقیده آن ها می توانند در نهایت به افرادی که کنترل حرکتی دست خود را از دست داده اند کمک کند تا مقداری استقلال روزمره را بدست آورند. همچنین، این دستکش رباتیک به منظور ایجاد کشش های مکرر، ورزش و کمک به افرادی که به دلیل شرایط عصبی عملکرد دست محدود دارند طراحی شده است.

دستکش رباتیک نرم دارای محفظه های بادی است که به آرامی انگشتان را خم و صاف می کند و کشش های لازم و ورزش های تکراری را برای بازگرداندن عملکرد از دست رفته، فراهم می کند. فشار کم و استفاده از مواد راحت، این دستگاه را برای استفاده ی مکرر، ایمن و مطلوب می کند. فاکتور شکل مینیمالیستی و سادگی رباتیک نرم به کاربران امکان می دهد بدون ناراحتی و ناامیدی در حالی که دستکش را در حالت خاموش می پوشند، فعالیت های روزمره ی خود را انجام دهند و پس از شروع برنامه درمانی خود، به آرامی این دستگاه به دستکش دستیار هوشمند تبدیل می شود. سیستم کنترل دستکش قابل حمل و سبک است و می توان آن را روی میز قرار داد یا به صندلی چرخدار متصل کرد.

برای اینکه دستکش احساس راحتی و طبیعی برای استفاده کنندگان داشته باشد، در چندین تکرار طراحی، محرک هایی که حرکات دستکش را تأمین می کنند کوچک و اصلاح شده تا نیروها را، به طور مساوی تری روی انگشتان و انگشت شست فرد توزیع کنند. محرک های فعلی با حجم کمی هوا، باد میشوند تا نیروهایی را به دست وارد و انگشتان را کاملا صاف و خم کنند [۱۸].

محرک های نرم متشکل از محفظه های الاستومری قالب دار با تقویت کننده های فیبری است که مسیرهای خمش، چرخش و گسترش خاص تحت فشار مایع را القا می کنند و نحوه ی حرکت مکانیکی این محرک های نرم را برای مطابقت و پشتیبانی از دامنه حرکت انگشتان به صورت جداگانه توصیف می کنند. دستگاه توانایی ایجاد نیروی قابل توجه هنگام فشار را نشان داده و هنگام غیرفعال کردن، امپدانس کم را به نمایش می گذارد. سیستم سخت افزاری کنترلی طراحی شده شامل سنسورهای فشار مطابق با محرک های هیدرولیک و یک کنترلر حلقه بسته برای تنظیم فشار است.

شکل ۱۲ : دستکش روباتیک نرم موسسه Wyss [۱۸]

۲-۴-۵- دستکش H200

Bioness یک شرکت آمریکایی است که به منظور بازیابی تحرک و استقلال افراد، دستگاه هایی را برای مبتلایان به سکته مغزی، مولتیپل اسکلروزیس و سایر اختلالات سیستم عصبی مرکزی طراحی می کند. این شرکت سه محصول برای توانبخشی سکته مغزی تولید کرده است: L300 برای افتادگی پا، L300 Plus برای افتادگی پا به علاوه ضعف ران و H200 برای فلج درمانی دست [۳].

سیستم H200، که در شکل ۱۳ نشان داده شده است، از فناوری بیسیم برای کمک به بازپروری و بازیابی عملکرد دست مانند گرفتن و باز و بسته شدن دست استفاده می کند [۳].

ساپوسنیک و همکاران [۱۹] از سیستم بازی Nintendo Wii برای توانبخشی بازو پس از سکته مغزی در مقایسه با درمان معمول و تکراری کرده است. این سیستم از یک کنترل کننده بیسیم و یک سنسور مادون قرمز تشکیل شده است. در حالی که کاربر کنترل کننده را با بازو، دست و مچ خود حرکت می دهد، سنسورهای داخل کنترل کننده سرعت، جهت و شتاب را اندازه گیری می کنند و سپس به سیستم ارسال می شوند. این فرایند به کمک رایانه است و از این

رو به حرکات بزرگ احتیاج ندارد. یک صفحه تلویزیون بازخورد در زمان واقعی را ارائه می دهد و بنابراین بازی ها سرگرم کننده و انگیزه آور هستند. این مطالعه نشان داد که استفاده از Wii برای توانبخشی کارآمدتر از توانبخشی معمول است، زیرا افراد سریع تر عمل کرده و قدرت بیشتری دارند [۳].

شکل ۱۳ : دستکش L300 Plus [۳]

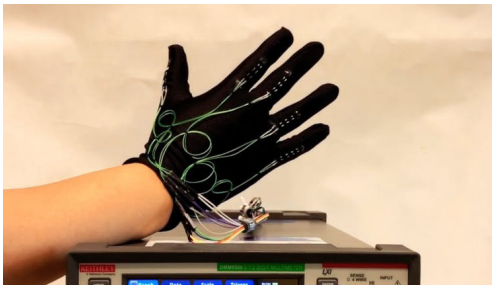
۲-۴-۶- دستکش Infinity

آنچه محققان NUS آن را InfinityGlove نامیده اند یک وسیله پوشیدنی سبک است و از سنسورهای نرم و انعطاف پذیر تشکیل شده است تا حرکات دست را برای کنترل بازی استفاده کنند. در حالی که استفاده از حرکات بدن برای کنترل یک بازی جدید نیست، تشخیص حرکت از طریق دوربین میتواند غیرقابل اعتماد باشد و دستگاه های پوشیدنی نیز اغلب سنگین و فاقد انعطاف پذیری هستند. اما در این دستکش پنج سنسور نخمانند تعبیه شده که سبک و انعطاف پذیر هستند. وزن دستکش نمونه اولیه تنها ۴۰ گرم است [۲۰].

استفاده از فناوری حسگر میکروفیبر، نوآوری مهمی است که InfinityGlove را قادر می سازد تا حرکات انگشت را برای تعامل انسان و ماشین به طور دقیق ترسیم کند. این سنسور از یک میکروفیبر نازک و قابل کشش مانند لاستیک، تقریباً به ضخامت یک تار موی انسان، ساخته شده است که با یک فلز مایع رسانا پر شده است. یک جریان الکتریکی کوچک از طریق فلز مایع رسانا عبور می کند و سیگنال الکتریکی ایجاد می کند که با خم شدن فیبر و جابجایی فلز مایع تغییر می کند. همچنین سنسور به عنوان سیم نیز عمل می کنند و دیگر نیازی به سیم کشی اضافی ندارند. این سنسور میکروفیبر در سال ۲۰۱۷ توسط تیم توسعه داده شد و قبلاً برای اندازه گیری فشار نبض و باند استفاده می شد، اما آنها از آن زمان با بهبود قابلیت سنجش میزان کشش، آن را برای دستکش هوشمند سازگار کرده اند [۲۱].

هنگامی که دستکش به نرم افزار اختصاصی تیم متصل میشود، حسگرها می توانند به سرعت حرکات را از طریق سیگنال های الکتریکی به ورودی های فرمان، با سرعت تقریباً مشابه فشاردادن یک دکمه روی صفحه کلید ترجمه کنند. InfinityGlove میتواند به صورت بیسیم به کامپیوتر متصل شود [۲۱].

این تیم دو سال طول کشید تا نمونه اولیه InfinityGlove را تولید کند و همچنین در حال تولید حسگرهای میکروفیبر برای سایر کاربردها است. مراحل بعدی فعالیت های تیم NUS، شامل گسترش قابلیت های دستکش به دنیای واقعیت مجازی، بازی های پیچیده و کنترل رباتیک است.



شکل ۱۴ : دستکش Infinity [۲۰]

۳- بحث و بررسی

از ربات های توانبخشی معمولاً برای کمک به بیماران در بهبودی استفاده می شود، مانند بیماران سکته مغزی یا ضایعات نخاعی. بنابراین، این ربات ها باید دارای ویژگی هایی باشند که برای بیماران مفید باشد و یکی از مهمترین آنها تأثیرگذاری در هدف توانبخشی برای بیمار است. علاوه براین، باید وزن کمی داشته باشد تا در هنگام استفاده توسط بیمار به اندام آسیب دیده فشار وارد نشود. همچنین هزینه ی ساخت آن زیاد نباشد به طوری که بیمار بتواند به راحتی از آن استفاده کند یا آن را تهیه نماید [۵].

همچنین نشان داده شد که مدل های مختلفی

برای طراحی دستکش رباتیک برای استفاده مناسب توسط بیماران وجود دارد. بنابراین، این دستکش های هوشمند را می توان با سیستم های خاصی مانند سیستم های واقعیت مجازی یا بازی های ویدیویی خاص ترکیب کرد که به بیمار کمک می کند ارتباطات بین مغز و اندام آسیب دیده را افزایش دهد و مغز را برای بازگرداندن توانایی کنترل قسمت آسیب دیده کمک کند [۵].

سطح فرآیند توانبخشی، با توجه به گروه سنی بیمار و سطح آسیب توسط پزشک متخصص تعیین می شود. هنگام کارکردن با دستکش رباتیک برای چندین ساعت مداوم در طول روند بازتوانی، به یک منبع تغذیه مناسب همراه، برای کار طولانی مدت و متناسب با طراحی سیستم نیاز است، مانند یک باتری قابل شارژ که باید سبک باشد یا بتوان آن را در جعبهای دور از دستکش رباتیک قرار داد و از طریق سیم به دستکش متصل کرد [۵].

۴- نتیجه گیری

در این بررسی، مدلهای مختلف طراحی برای دستکش های رباتیک به منظور توانبخشی بررسی شده است. انواع مختلفی مورد بررسی قرار گرفتهاند، از جمله مواردی که توسط تاندونها و محرکهایی مانند سروو موتور یا با مواد نرم و همراه با محرک پنوماتیک یا انواع دیگر محرکها ساخته میشوند. سپس خصوصیات قطعات و نحوهی کار این دستکشهای رباتیک توضیح داده شد.

هر نوع دستکش دارای خصوصیات عملیاتی خاصی است، اما همه انواع آن باید بدون عارضه، ارزان باشد. همچنین باید قابل استفاده توسط بیمار در خانه و بدون نیاز به کمک دیگران، در هر زمان دلخواه باشد.

چندین فناوری را میتوان در طراحی دستکش رباتیک به منظور افزایش سرعت بهبودی و افزایش تعامل بیمار در طول روند توانبخشی ترکیب کرد. یکی از این سیستمها سیستم صفحه تعاملی (VR) است که به طور گسترده در عملیات توانبخشی بیماران برای تقویت دستکش رباتیک استفاده میشود. این فناوری باعث می شود بیمار و سیستم تعامل بیشتری داشته باشند.

روند کنترل دستکش رباتیک یکی از موارد مهم در هنگام طراحی است که بیشتر عملیات کنترل، از طریق ریزپردازندههای قابل برنامهریزی برای کنترل عملگرهایی که انگشتان را حرکت میدهند، صورت میگیرد. این روش یکی از رایجترین روشهای کنترل محسوب میشود. همچنین میتوان، توانایی نگهداشتن و گرفتن دستکش رباتیک را کنترل کرد تا توانایی حمل و نگهداری اشیا را بدون لغزش آنها داشته باشد تا برای بیمار کمککننده باشد.

از اینرو، با استفاده از نتایج حاصل از این بررسی و همچنین تحقیقات قبلی، میتوان نتیجه گرفت که اشیای تعاملی میتوانند انگیزهبخش و تشویقکننده برای آموزش، تحرک و توانبخشی سکتهمغزی باشند.

۵- مراجع

[1] https://fa.wikipedia.org/wiki/%D%8B%3DA%A%9D%8AA%D87%9_%D%85%9D%8BA%D%8B%2DB%8C.

[2] American Stroke Association, "Understanding Stroke Risk," [Online]. Available: http://www.strokeassociation.org/STROKEORG/AboutStroke/UnderstandingRisk/Understanding-Stroke-Risk_UCM_308539_SubHomePage.jsp. April 2016and C. J. Walsh, "Soft robotic glove for combined assistance and at-home rehabilitation," Rob. Auton. Syst., vol. 73, pp. 135–143, 2015.

[3] M. Hiob, "Interactive glove for mobility training and rehabilitation after stroke," Certec, Division of Rehabilitation Engineering Research Department of Design Sciences Faculty of Engineering LTH, Lund University, 2016

[4] https://www.researchgate.net/publication/342814650_Designing_and_construction_a_low_cost_robotic_exoskeleton_for_wrist_rehabilitation_publication_date/figures

[5] Y.S Ahmed, A.Q Al-Neami, S. Lateef, "Robotic Glove for Rehabilitation Purpose: Review," The 3rd Scientific Conference of Electrical and Electronic Engineering Researches (SCEEER), 2020

[6] Y. Guo, F. Xu, Y. Song, X. Cao, and F. Meng, A Soft Robotic Glove for Hand Rehabilitation Using Pneumatic Actuators with Variable Stiffness, vol. 2. Springer International Publishing, 2019.

[7] C. J. Nycz, M. A. Delph, and G. S. Fischer, “Modeling and design of a tendon actuated soft robotic exoskeleton for hemiparetic upper limb rehabilitation,” Proc. Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBS, vol. 2015-Novem, no. July 2017, pp. 3889–3892, 2015. [6] P. Polygerinos, Z. Wang, K. C. Galloway, R. J. Wood, and C. J. Walsh, “Soft robotic glove for combined assistance and at-home rehabilitation,” Rob. Auton. Syst., vol. 73, pp. 135–143, 2015

[8] B. B. Kang, H. Lee, H. In, U. Jeong, J. Chung, and K. Cho, “Conf 27_2016_Development of Polymer-Based Tendon-Driven Wearable Robotic Hand,” pp. 3750–3755, 2016

[9] P. Polygerinos, K. C. Galloway, E. Savage, M. Herman, K. O’Donnell, and C. J. Walsh, “Soft robotic glove for hand rehabilitation and task specific training,” Proc. - IEEE Int. Conf. Robot. Autom., vol. 2015-June, no. June, pp. 2913– 2919, 2015

[10] H. K. Yap, J. H. Lim, J. C. H. Goh, and C. H. Yeow, “Design of a soft robotic glove for hand rehabilitation of stroke patients with clenched fist deformity using inflatable plastic actuators,” J. Med. Devices, Trans. ASME, vol. 10, no. 4, 2016

[11] Z. Ma, P. Ben-Tzvi, and J. Danoff, “Hand Rehabilitation Learning System with an Exoskeleton Robotic Glove,” IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng., vol. 24, no. 12, pp. 1323–1332, 2016

[12] https://floridaindependent.com/how-neofect-created-a-smart-glove-robotic-arm-that-uses-online-gaming-for-rehabilitation/.

[13] https://www.neofect.com/us/smart-glove.

[14] https://www.rehabmart.com/post/musicglove

[15] https://www.medgadget.com/2018/12/musicglove-combining-music-and-games-for-stroke-rehab-interview-with-dr-nizan-friedman-ceo-of-flint-rehab.html

[16] https://handtutor.com/.[17] https://www.fitness-gaming.com/news/health-and-rehab/handtutor-offers-enhanced-functional-and-fine-motor-rehabilitation-of-the-hand.html.

[17] https://wyss.harvard.edu/technology/soft-robotic-glove/

[18] G. Saposnik, R. Teasell, M. Muhammad, J. Hall, W. McIlroy, D. Cheung, K. E. Thorpe, L. G. Cohen and M. Bayley, “Effectiveness of Virtual Reality Using Wii Gaming Technology in Stroke Rehabilitation: A Pilot Randomized Clinical Trial and Proof of Principle,” Stroke, vol. 41, no. 7, pp. 1477-1484, 2010.

[19] https://www.hackster.io/news/smart-glove-puts-gaming-controls-in-your-hand-52c0d90cbef0

[20] https://news.nus.edu.sg/research/nus-researchers-develop-new-smart-gaming-glove

۶- معرفی افراد

لیلا سادات ساجدی

متولد سال ۱۱۱۹ استان اصفهان-شهرستان خوانسار است. مدرک کارشناسی خود را در سال ۶۸ در رشته مهندسی برق-کنترل از دانشگاه صنعتی اصفهان اخذ نمود و هم اکنون دانشجوی کارشناسیارشد مهندسی برق-کنترل در دانشگاه تربیت مدرس تهران می باشد. زمینه های تحقیقاتی مورد علاقه عبارتند از: پردازش سیگنال های پزشکی، کنترل پیشبین و هوش مصنوعی.

دکتر فرزانه شقایق
سیگنال های پزشکی عضو هیئت علمی دانشکده ی برق وکامپیوتر دانشگاه صنعتی اصفهان، گروه مخابرات-مهندسی پزشکی است.
علایق تحقیقاتی وی شامل پردازش ، علوم شناختی، علوم اعصاب و کدگذاری عصبی، شبکه های مغز و مدل سازی (اوتیسم، صرع و اختلالات شناختی) و هوش مصنوعی می باشد.

اتوماسیون سازی منازل و نظارت و کنترل از راه دور تجهیزات و وسایل خانگی با تکیه بر اینترنت اشیا

مینا سلیم [۱]، نسیم حقی [۲]

۱ - استادیار کنترل، گروه مهندسی کنترل، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲ - کارشناسی ارشد کنترل، دانشکده‌ی برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، haghinasim867@gmail.com

چکیده

ایده‌ی داشتن یک خانه هوشمند به قرن ها پیش بر می‌گردد. به طوریکه می‌توان گفت بشر از زمانی که پا به این دنیا گذاشته، به فکر یک زندگی راحت بوده است. او برای این راحتی تلاش های زیادی انجام داد تا اینکه گوشی هوشمند را اختراع کرد. از آن پس، دنیا در حال تحولات شگرفی است که خودمان هم از شنیدنشان انگشت به دهان می‌مانیم. فناوری خانه هوشمند یا خانه‌ی خودکار، راحتی، آسودگی خاطر و بهره وری انرژی را از طریق کنترل لوازم با یک برنامه ی هوشمند در گوشی هوشمند یا سایر دستگاه های قابل اتصال به اینترنت برای صاحبین مشاغل و یا اهالی خانه به ارمغان می‌آورد. به این طریق که داده های مصرفی مشتری بین لوازم منزل به اشتراک گذاشته شده و کارها به دلخواه مشتری بصورت خودکار درمی‌آیند. وقتی از خانه هوشمند حرف می‌زنیم منظورمان ابزار یا ربات‌های کاملا جدید و فوق پیشرفته نیست (البته که به این صورت نیز می‌تواند ظاهر شود). گاهی هوشمند کردن خانه فقط به معنی عوض کردن ابزار و لوازم خانه با هدف ایجاد قابلیت دسترسی و اتصال آنها به اینترنت به منظور کنترل از راه دور آنها است. (مثل کلیدها و لامپ‌ها، ترموستات‌ها و سیستم‌های ایمنی هوشمند). در میان تمام مزایای خانه‌ی هوشمند، ویژگی کنترل از راه دور ویژگی منحصر به فردی است که در این مقاله به توصیف و شرح کلی آن پرداخته شده است. در این مقاله به بررسی کلی خانه‌ی هوشمند، زیرساخت‌ها و لایه‌های فیزیکی، کابردها، محصولات و مزایا و معایب پرداخته می‌شود و در نهایت با توجه به تمامی این ویژگی‌ها و با توجه به نیاز هر کاربر و ساختار و شرایط خانه‌های مختلف، تصمیم به استفاده از ویژگی‌های مختلف این تکنولوژی گرفته می‌شود.

کلید واژگان: خانه‌ی هوشمند، کنترل از راه دور، اینترنت اشیا، گوشی هوشمند، تجهیزات خانگی، یادگیری ماشین، تبادل اطلاعات.

Abstract

The idea of having a smart home goes back centuries. It can be said that human beings have been thinking of a comfortable life since they entered this world. He worked hard for this convenience until he invented the smartphone. Since then, the world has undergone tremendous changes that we ourselves can hear from. Since then, the world has undergone enormous changes that amaze the man. Smart home or automated technology brings convenience, peace of mind and energy efficiency to business owners or homeowners by controlling appliances with a smart app on a smartphone or other internet-connected device. In this way, customer consumption data is shared between home appliances and tasks are automated to the customer's liking. When we talk about smart home, we do not mean completely new and advanced tools or robots (Of course, it can also appear in this way). Sometimes smart home just means changing tools and appliances in order to make them accessible and connect to the internet for remote control. (Like switches and lamps, thermostats and intelligent safety systems). Among all the benefits of a smart home, the remote control feature is a unique feature that is described in this article.

This article gives an overview of smart home, infrastructure and physical layers, applications, products and advantages and disadvantages, and finally according to all these features and according to the needs of each user and the structure and conditions of homes Different, the decision is made to use different features of this technology.

۱- مقدمه

در بحث اتوماسیون سازی منازل توسط اینترنت اشیا، دو تعریف عمده را بیان می‌کنیم :

- اینترنت اشیا

- خانه‌ی هوشمند

۱-۱- تعریف اینترنت اشیا

اینترنت اشیا، یک سیستم به هم پیوسته از وسایل و تجهیزات مکانیکی و ماشین‌های دیجیتالی و اشیا و حیوانات و انسان‌ها می‌باشد که با شناسه‌های منحصر بفردی به شبکه متصل می‌شوند و توانایی انتقال داده در شبکه بدون نیاز به ارتباط انسان با انسان یا انسان با ماشین را دارا می‌باشد. در واقع شبکه‌ای از اشیا و تجهیزات فیزیکی است که می‌تواند اطلاعات الکترونیکی را جمع آوری کرده به اشتراک بگذارد

در حوزه‌ی اینترنت اشیا تمامی تجهیزاتی که قابلیت اتصال به اینترنت را دارند به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- تجهیزاتی که اطلاعات محیط را جمع آوری و ارسال می‌کنند.

- تجهیزاتی که این داده‌ها را دریافت کرده و بر روی این اطلاعات عملیات پردازش را انجام می‌دهند.

- تجهیزاتی که هردو عمل دریافت و ارسال را به طور همزمان انجام می‌دهند.

در بحث اینترنت اشیا هنگامی که تجهیزات بتوانند به اینترنت متصل شوند و داده‌هایی را دریافت یا ارسال کنند یا هردو عمل را به طور همزمان انجام دهند، ویژگی هوشمند بودن، تحقق می‌یابد.

۱-۲- تعریف خانه‌ی هوشمند (اتوماسیون سازی منازل)

در تعریف خانه‌ی هوشمند از هر دو اصطلاح هوشمند سازی یا اتوماسیون سازی منزل، استفاده می‌شود. خانه‌ی هوشمند را میتوان به عنوان یک محل اقامت یا یک ساختمان یا تجهیزاتی تعریف نمود که از طریق گوشی هوشمند یا از طریق هر وسیله‌ی هوشمند دیگر می‌تواند از راه دور کنترل شود. در یک خانه‌ی هوشمند وسایل و تجهیزات با یکدیگر ارتباط دارند و یک اکوسیستم هوشمند و قابل کنترل ایجاد می‌کنند. در صورت رشد خانه‌های هوشمند ، می‌توان به یکی از عوامل مهم شهر هوشمند یعنی ساختمان‌های هوشمند دست یافت. تجهیزات مختلف در خانه‌ی هوشمند از طریق شبکه‌ی اینترنت به یکدیگر و توسط اپلیکیشن‌هایی به تلفن هوشمند یا تبلت و لپ‌تاپ یا هر وسیله‌ی هوشمند دیگر متصل می‌شوند. اتصالات در خانه‌ی هوشمند می‌توانند به صورت "بدون" سیم یا "با" سیم باشند [۱].

قفل در، تلویزیون‌ها، دوربین‌های مدار بسته و حتی تجهیزات خانگی همانند یخچال‌ها نیز میتوانند توسط سیستم اتوماسیون سازی منازل کنترل شوند. در واقع اپلیکیشن‌هایی روی گوشی‌ها یا سایر وسیله‌های هوشمند نصب می‌شوند و کاربر قادر است از طریق آن، کنترل و تنظیمات لازم را انجام دهد. این اپلیکیشن‌ها ویژگی خود فراگیر را دارا هستند، و بخاطر همین ویژگی نیازهای کاربران را آموخته و در صورت نیاز تغییرات و تنظیمات مورد نظر کاربر را به دست می‌آورند.

در حالت کلی اتوماسیون سازی منازل در کنار تمام مزایایی که دارد معایبی نیز به همراه دارد که در بخش‌های بعد به آن اشاره خواهد شد.

بخش‌های مختلف این گزارش عبارت است از:

- تاریخچه

- بررسی تکنولوژی های مرتبط

- بررسی کاربرد ها

- بررسی سازندگان و شرکت های پیشرو

- پروژه ها و طرح های اجراشده

۱-۲-۱- تاریخچه‌ی خانه‌ی هوشمند

بسیاری از مورخان طراحی ویژگی کنترل از راه دور برای یک اسباب بازی توسط تسلا در سال ۱۸۹۸ را به عنوان سرآغاز واقعی اتوماسیون سازی و هوشمند سازی بیان می‌کنند.

در سال‌های ۱۹۰۱ الی ۱۹۲۰ اختراع وسایل خانگی صورت گرفت. اگر چه این وسایل خانگی مفهوم هوشمند مورد نظر را نداشتند اما دستاورد خارق‌العاده‌ای در قرن بیستم محسوب می‌شدند. این دستاوردها با ساخت اولین جارو برقی مجهز به موتور در سال ۱۹۰۱ آغاز شد. نوع پیشرفته و عملی طرح جاروبرقی در

سال ۱۹۰۷ ساخته شد. همچنین در طول دو دهه یخچال فریزر، خشک کن لباس، ماشین لباسشویی، اتو، توستر و بسیاری از وسایل دیگر اختراع شد [۲].

در سال ۱۹۳۳در نمایشگاه بین المللی شیکاگو با عنوان یک قرن پیشرفت، نگاهی به آینده‌ی خانه‌های هوشمند شده بود. اما این ایده‌ها بیشتر شبیه داستان‌های علمی تخیلی بودند و چون اکثر این فناوری‌ها وجود نداشتند، این ایده‌ها و شبیه سازی‌ها نتوانستند محقق شوند و خانه‌های هوشمند مورد نظر را بسازند.

پس از اختراع رایانه دیجیتال الکتریکی در سال ۱۹۴۰ در طول سال‌های ۱۹۴۰ تا ۱۹۶۰ فناوری رایانه به طور خاص پیشرفت بسیار زیادی کرد. در سال ۱۹۶۶ ، ECHO IV ساخته شد [۲]. ECHO IV اولین دستگاه هوشمند بود اما هرگز به صورت تجاری در بازار فروخته نشد. این دستگاه می‌توانست لیست خرید را آماده کند و دمای خانه را کنترل کند و وسایل خانگی را روشن یا خاموش کند. یک سال پس از ساخت این محصول، کامپیوترهای آشپزخانه توسعه یافت که این کامپیوترها می‌توانستند دستورالعمل‌های مربوط به آشپزی را ذخیره کنند. این محصول نیز مورد علاقه‌ی کاربران قرار نگرفت در نتیجه فروش زیادی هم نداشت.

در سال ۱۹۷۵ پروژه‌ای در اتوماسیون خانگی پروتکل X۱۰ را به ارمغان آورد. در این سال‌ها هوشمند سازی وسایل خانگی رفته رفته به صورت عملی‌تر اجرا شد. پروتکل X۱۰ با سیم کشی‌های ac موجود در ساختمان، لوازم کوچک و وسایل روشنایی را کنترل می‌کرد.

در دهه ۱۹۸۰ چراغ‌های دارای حسگر، دربازکن اتوماتیکی درب پارکینگ‌ها، ترموستات قابل برنامه‌ریزی و سیستم‌های امنیتی به وجود آمد که تمامی این محصولات بسیار مقرون به صرفه بودند. در نهایت در سال ۱۹۸۴ اصطلاح خانه‌ی هوشمند توسط انجمن آمریکایی سازندگان خانه مطرح شد [۲].

در سال ۱۹۹۰ یک توستر متصل به اینترنت ساخته شد، که این توستر توسط اینترنت می‌توانست کنترل شود و در طی همین سال‌ها اینترنت اشیا نیز متولد شد.

پس از ظهور اینترنت اشیا، مایکروسافت یک نسخه ی اختصاصی در مورد نحوه شکل‌گیری و عملکرد خانه‌ی هوشمند ارائه داد و مواردی مانند سیستم‌های امنیتی، کنترل محیط، قفل‌های هوشمند و کنترل روشنایی را پیش‌بینی کرد.

در طول سال ۲۰۰۰ دستگاه‌ها و سیستم‌های هوشمند با سرعت زیادی در حال پیشرفت بودند در آن روزها تخمین زده می‌شد که تا سال ۲۰۱۲، ۵/۱ میلیون سیستم خانگی خودکار در حال کار خواهند بود. امروزه نیز دستگاه‌های اینترنت اشیا بیشتر از هر زمان دیگری در حال پیشرفت می‌باشند و هزینه این سیستم‌ها نیز مدام در حال کاهش است. به همین دلیل آن‌ها به گزینه‌های جذابی برای صاحبان خانه تبدیل شده اند. در واقع امروزه خانه‌های هوشمند سطح بالایی از راحتی، صرفه‌جویی در هزینه، امنیت و آسایش در زندگی را برای کاربران فراهم می‌آورد و این ویژگی‌ها دقیقا چیزهایی هستند که کاربران به آن نیاز دارند.

۳- بررسی تکنولوژی ها و مشخصات فنی خانه‌ی هوشمند

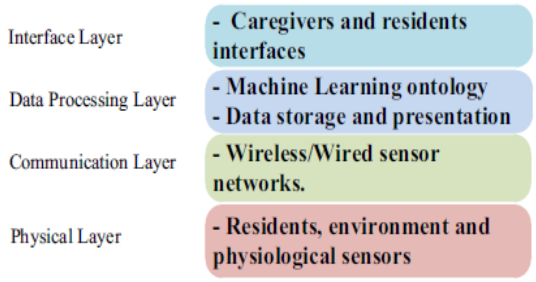
خانه‌ی هوشمند به حمایت از مردم و سالمندان و افراد ناتوان برای داشتن یک زندگی بهتر و راحت تر می‌پردازد. در واقع به عبارت دیگر می‌توان گفت "SH" یک تکنولوژی می‌باشد که هزینه‌های زندگی و هزینه‌های مراقبتی را کاهش می‌دهد. در این سیستم‌ها، سرتاسر خانه به سنسورها، فعال‌سازها و دوربین‌ها مجهز می‌شود تا داده‌های مختلفی را درباره خانه و ساکنین فراهم آورند.

۳-۱- معماری خانه هوشمند

خانه هوشمند شامل چهار لایه‌ی اصلی می‌باشد که عبارتاند از:

۱. از لایه‌ی فیزیکی
۲. لایه‌ی ارتباطی
۳. لایه‌ی پردازش داده
۴. لایه‌ی تبادل اطلاعات

هر کدام از این لایه‌ها اعمال و وظایف مخصوص به خود را دارند.



شکل۱: معماری خانه هوشمند [۱]

سنسورهای فیزیکی، اجزا و تجهیزات و همچنین ساکنین در لایه‌ی فیزیکی قرار دارند. پس از آن لایه‌ی ارتباطی وجود دارد که ارتباط بین تجهیزات مختلف را به صورت "با" سیم یا "بدون" سیم امکان پذیر می‌سازد. در قسمت لایه‌ی پردازش داده، از علومی مانند علم یادگیری ماشین برای ذخیره و پردازش و ارائه داده استفاده می‌شود. و در نهایت در لایه‌ی تبادل اطلاعات همانطور که از نامش مشخص است تبادل اطلاعات به دست آمده از لایه‌های پایین با ساکنین محقق می‌شود.

۳-۱-۱- عملکرد لایه‌ها

داده‌ها توسط سنسورها در لایه‌ی فیزیکی جمع‌آوری می‌شود و از طریق لایه‌های ارتباطی با سیم یا بدون سیم به لایه‌ی داده منتقل می‌شود در لایه‌ی داده تمامی داده‌ها و فعالیت‌ها شناسایی شده و الگوهای رفتاری نیز کشف می‌شود [۱]. نتیجه‌ی آنالیز این داده‌ها از طریق هشدارها و به واسطه‌ی لایه‌ی تبادل اطلاعات به ساکنین تحویل داده می‌شود.

۳-۱-۲- سنسور

معمولاً در محیط واقعی قرار داده می‌شود. در واقع سنسورها وسیله‌هایی برای شناسایی تغییرات محیطی و حضور یا عدم حضور ساکنین هستند. سنسورها می‌توانند از طریق سیم یا بدون آن با پروتکل‌هایی مانند بلوتوث، wifi، PLC و... به شبکه وصل شوند و از طریق اینترنت می‌توانند نظارت از راه دور داشته باشند [۱].

عمده‌ی داده‌هایی که سنسورها می‌توانند ثبت و ضبط کنند عبارت است از:

۱-کشش و فشار ۲- موقعیت، جهت، مسافت و حرکت ۳-روشنایی ، دما و رطوبت۴- نوع ماده (جامد، مایع وگاز) ۵- صدا ۶- تصویر و ویدئو ۷- وضعیت اشیا(حضور یا عدم حضور)۸- اندازه‌گیری‌های فیزیکی(فشار خون، قند و...).

۳-۱-۳- انواع سنسورها

سنسورها با توجه به نوع داده‌هایی که تولید می‌کنند، به دو بخش سنسورهای حالت گسسته یا باینری و سنسورهای حالت پیوسته تقسیم می‌شوند.

- سنسورهای گسسته

خروجی سنسورهای حالت گسسته به صورت ۰ و ۱ است. به همین دلیل به این سنسورها، سنسور باینری نیز گفته می‌شود. بسیاری از مطالعات توسط همین سنسورهای باینری صورت گرفته که برای شناسایی وضعیت اشیا و حضور یا عدم حضور ساکنین یا باز و بسته بودن درب، خاموش یا روشن بودن چراغ و تشخیص حرکت یا سکون شخص استفاده می‌شود. با توجه به ماهیت ساده‌ی داده‌های دریافتی و محرمانه بودن حسگرهای دوتایی بسیاری از محققان از آنها برای پروژه‌های خود استفاده می‌کنند.

- انواع سنسورهای گسسته:

۱. سنسور مادون قرمز غیرفعال
۲. سنسور سوئیچ تماسی
۳. سنسور RFID

- سنسور مادون قرمز غیرفعال[۲] : بسیاری از تحقیقات موثر و امیدوار کننده در خانه‌ی هوشمند شامل سنسور مادون قرمز غیر فعال برای جمع آوری داده می‌باشد. سیستم‌های SH داده‌های خوانده شده توسط سنسور مادون قرمز را جمع‌آوری کرده و آنها را در یک پایگاه داده ذخیره می‌کنند. داده‌های ذخیره شده با فرمت تاریخ، ساعت و شماره‌ی سنسور ذخیره می‌شوند. از این نوع سنسورها برای جمع‌آوری داده در مورد حرکت ساکنین در خانه‌یا اطمینان از ایمنی آن‌ها نیز استفاده می‌شود.

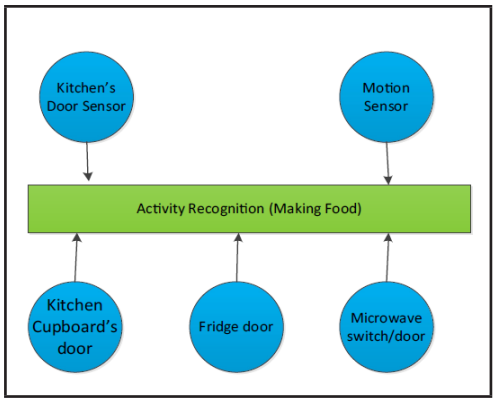
- سنسورهای سوئیچ تماسی[۳]: سوئیچ‌های تماسی برای شناسایی وضعیت اشیا مانند تعیین وضعیت باز یا بسته بودن درب کمد یا درب یخچال استفاده می‌شود. بنابراین معمولا روی درب‌ها نصب می‌شوند. سنسور فشار از خانواده

سنسور CSS می‌باشد، که برای شناسایی و تعیین فشار و یا تراکم در فضا استفاده می‌شود.

- سنسورRFID: این سنسور برای جمع آوری داده از محیط از فرکانس‌های رادیویی استفاده می‌کند و داده‌ها را از طریق

- امواج رادیویی بین کاربر و تگ‌های الکتریکی مبادله می‌کند. تگ‌های الکتریکی معمولا روی وسیله‌ی مورد نظر چسبانده می‌شوند. هنگامی که داده‌ها توسط کاربر درخواست می‌شود این تگ‌های الکتریکی که شناسه‌های منحصر بفردی نیز دارند اطلاعات ذخیره شده در حافظه خود را که همان اطلاعات محیط اطراف می‌باشد به کاربر تحویل می‌دهند [۳]. یکی از محدودیت‌های این سنسور قابل اعتماد و اطمینان بودن آن در مقابل جمع آوری اطلاعات از مایع یا فلز است.

- برای شناسایی فعالیت‌های موجود در خانه از یک نوع سنسور نمی‌توان استفاده کرد.بلکه برای به دست آوردن اطلاعات جامع و دقیق در مورد محیط اطراف باید از چندین سنسور استفاده شود.



شکل ۲ : شناسایی فعالیت جاری توسط سنسورها [۱]

به عنوان مثال همانطور که در شکل ۲ نیز نشان داده شده است تمامی اطلاعات ناشی از سنسورها در شبکه قرار می‌گیرد و بخش شناساگر، فعالیت جاری را شناسایی می‌کند.

- سنسورهای پیوسته

برخلاف سنسورهای باینری خروجی سنسورهای پیوسته اعداد ساده یا پیچیده به فرمت اعداد حقیقی و حتی تصاویر و صداها می‌باشد [۱].

- انواع سنسورهای پیوسته

۱- سنسورهای محیطی

۲- سنسور های پوشیدنی

- سنسور های چند رسانه‌ای

- سنسورهای محیطی: یکی از انواع سنسورهای پیوسته سنسور محیطی می‌باشد که داده‌های محیطی را گرفته و ذخیره می‌کند. این داده‌ها می‌تواند شامل دما، رطوبت، روشنایی، فشار، نویز و ... باشد.

- سنسورهای پوشیدنی: معمولا سنسورهای پوشیدنی به صورت سنسورهای فیزیولوژیکی به کار برده می‌شود که این سنسور توسط شخص بیمار پوشیده می‌شود. بنابراین به آن‌ها شبکه ناحیه بدنی نیز گفته می‌شود [۴]. این سنسورها برای نظارت بر وضعیت سلامت کاربران استفاده می‌شود و اندازه گیری فشار خون، گلوکز، نبض و ... را انجام می‌دهد .

- سنسورهای چند رسانه‌ای: این سنسورها نیز از خانواده‌ی سنسورهای پیوسته می‌باشند که از میکروفون و دوربین‌های فیلمبرداری تشکیل شده است و داده‌هایی که به عنوان اطلاعات ارسال می‌کنند به صورت صوتی و تصویری می‌باشد. دوربین‌های فیلمبرداری برای نظارت بر شرایط محیطی استفاده می‌شود اما استفاده از این دوربین‌ها به دلیل وجود مسائل امنیتی و حریم شخصی مورد انتقاد قرار گرفته است.

۳-۱-۴ – لایه‌ی ارتباطی

این لایه نقش بسیار مهمی در اتصال همه عناصر مانند سنسورها، فعال سازها، باس و ... دارد. در این بخش به معرفی روش‌های ارتباطی مورد استفاده در لایه‌ی ارتباطی پرداخته می‌شود.

- شبکه‌ی بی‌سیم کم مصرف: این روش به سنسورها این امکان را می‌دهد که در حالت

ذخیره‌ی انرژی و با مصرف انرژی کم کار کنند. اولین استاندارد استفاده شده در این شبکه که طرفدار بسیاری نیز دارد zigbee می‌باشد. این استاندارد، کوچک و ارزان است و به صورت بی‌سیم و با انرژی مصرفی کم در رنج کوچک کار می‌کند مسافت انتقال اطلاعات در zigbee متناسب با محیط و نوع سنسورها تا ۷۵ متر نیز می‌تواند باشد. دومین استاندارد استفاده شده در این روش بلوتوث است. مسافتی که بلوتوث می‌تواند به آن دسترسی داشته باشد و تحت پوشش قرار دهد تا ۱۰ متر می‌باشد. مزیت بلوتوث از این جهت است که از طریق موبایل، تبلت، لپ‌تاپ و سایر وسایل هوشمند که امروزه استفاده از آن‌ها بین کاربران رایج می‌باشد قابل دسترسی است [۳]. بلوتوث نسبت به zigbee سلول‌های کمتری را می‌تواند پشتیبانی کند و نسبت به wifi داده کمتری دارد بنابراین کمتر برای مصارف خانه‌ی هوشمند مورد استفاده قرار می‌گیرد. تکنولوژی بعدی مورد استفاده در این روش از لایه‌ی ارتباطی، تکنولوژی RFID می‌باشد. این تکنولوژی به صورت خودکار به شناسایی وسیله‌ها و افراد توسط سیستم‌های کامپیوتری به خصوص در اماکن شلوغ می‌پردازد.

- استاندارد PLC: این استاندارد نیز به عنوان یک روش ارتباطی در لایه‌ی ارتباطی می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. یکی از پروتکل‌های بین المللی مربوط به PLC، پروتکل X10 می‌باشد. این پروتکل می‌تواند داده‌های دیجیتالی را از طریق خطوط قدرت انتقال دهد. همچنین کم هزینه است و توسط سیم‌های موجود عملیات انتقال را انجام می‌دهد. بنابراین مانند استانداردها و تکنولوژی‌های دیگر که به صورت بی‌سیم کار می‌کنند انعطاف پذیر نیست.

- استفاده از پروتکل‌های شبکه‌ی کامپیوترهای شخصی مانند wifi: این روش ارتباطی، هم ارزان است و هم به راحتی قابل دسترسی می‌باشد [۲]. به عنوان مثال پروتکل wifi از خانواده همین روش ارتباطی است که امروزه این پروتکل در بسیاری از وسیله‌ها مانند تلفن های هوشمند یا تلویزیون‌های هوشمند و... کاربرد زیادی دارد.

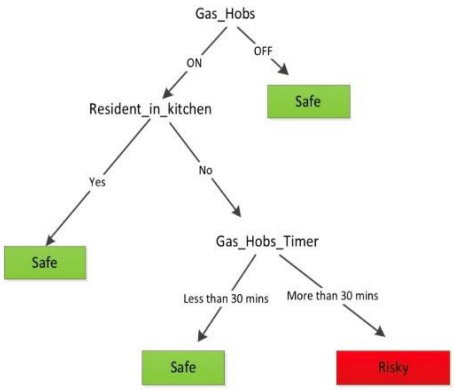
- سیستم ارتباط از راه دور جهانی تلفن همراه : این نوع روش ارتباطی در قالب MTS توانایی ارسال انواع مختلف داده‌ها از جمله متن، فایل‌های صوتی، تصاویر، ویدیو ها و غیره را دارد.

۳-۱-۵- لایه پردازش

پس از لایه‌ی ارتباطی، داده‌ها وارد لایه‌ی پردازش می‌شود. در لایه‌ی پردازش الگوهای رفتاری فعالیت‌ها و رفتارهای غیر نرمال شناسایی شده و در همین بخش هوشمند سازی منزل نیز محقق می‌شود [۱].

روش‌های پردازش داده‌ها: پردازش داده‌ها در این لایه روش‌های مختلفی دارد که در این قسمت تعدادی از این روش‌ها توضیح داده می‌شود.

۱. درخت تصمیم‌گیری: این روش برای نشان دادن رابطه‌ی بین داده‌های ورودی و خروجی استفاده می‌شود. درخت تصمیم‌گیری از ۲ جزء تشکیل شده است: ۱- گره‌ها ۲- شاخه‌ها. گره‌ها نشان دهنده‌ی امکانات و ویژگی‌های داده‌ها و شاخه‌ها نشان دهنده‌ی ارزش هر یک از این گره‌ها می‌باشد. به عنوان مثال شکل زیر یک نوع درخت تصمیم گیری را نمایش می‌دهد.



شکل ۳: درخت تصمیم‌گیری [۱]

این شکل نشان می‌دهد که اجاق گاز می‌تواند خاموش یا روشن باشد. اگر اجاق گاز خاموش باشد، درخت تصمیم‌گیری این وضعیت را وضعیت ایمن معرفی می‌کند. اما اگر اجاق گاز روشن باشد شرط دیگری پیش می‌آید. اگر اجاق گاز روشن و فردی در داخل آشپزخانه حضور داشته باشد، درخت تصمیم‌گیری باز هم حالت ایمن را انتخاب می‌کند اما اگر فردی در آشپزخانه حضور نداشته باشد بار دیگر حالت جدیدی را در نظر می‌گیرد. در این

حالت اگر تایمر اجاق گاز بیشتر از ۳۰ دقیقه برای خاموش کردن اجاق گاز در نظر بگیرد، درخت تصمیم‌گیری حالت پرخطر را انتخاب می‌کند. اما اگر تایمر اجاق گاز در کمتر از ۳۰ دقیقه اجاق گاز را خاموش کند بار دیگر درخت تصمیم‌گیری وضعیت ایمن را انتخاب می‌کند.

۲ . منطق فازی: در سال ۱۹۶۵ مجموعه‌ای با نام مجموعه فازی تعریف شد. این مجموعه شامل داده‌هایی می‌باشد که هر کدام از آنها با یک عدد بین ۰ و ۱ که به آن درجه ی تعلق گفته می‌شود به مجموعه نسبت داده می‌شوند [۱]. اکثر مطالعات در مبحث خانه‌ی هوشمند نیازمند منطق فازی برای نظارت و پیش‌بینی بر روی سیستم‌ها می‌باشد. با استفاده از قوانین فازی مانند قوانین اگر آنگاه فازی می‌توان عملکردهای مختلفی را انجام داد. یک نمونه از این قوانین به این صورت است که به عنوان مثال "اگر سینک از آب پر شده است آنگاه شیر آب را ببند." در واقع این جمله به عنوان یک قانون فازی می‌باشد که می‌تواند عملکرد بسته شدن شیر را انجام دهد. در قوانین فازی، ورودی در ابتدا با فازی سازها به یک داده‌ی فازی تبدیل می‌شود و در نهایت نیز بعد از اعمال قوانین بر روی این داده‌های فازی، خروجی با استفاده از فازی زداها به خروجی واضح تبدیل می‌شود.

۳. شبکه عصبی مصنوعی: شبکه‌ی عصبی مصنوعی از نورون‌ها و لینک‌های وزن‌دار تشکیل شده است. هر کدام از این نورون‌ها با استفاده از لینک‌های وزن‌دار که این لینک‌ها می‌توانند وزن‌های متفاوتی نیز با یکدیگر داشته باشند، با نورون‌های دیگر در ارتباط هستند [۱]. معمولا در شبکه‌های عصبی مصنوعی یک لایه‌ی ورودی، لایه‌ی خروجی و تعدادی لایه‌ی مخفی داریم. تعداد لایه‌های مخفی متناسب با پیچیدگی مسئله می‌تواند افزایش و یا کاهش پیدا کند. شبکه‌ی عصبی مصنوعی می‌تواند مدل‌های مختلفی داشته باشد که معروف ترین آنها عبارت است از: MLP، RBFN، ESN. سنسور شبکه‌های عصبی برای طبقه بندی فعالیت‌ها، کنترل وسایل خانگی، تشخیص فعالیت‌های غیر نرمال، پیش بینی فعالیت‌ها و... استفاده می‌شود.

۴. یادگیری ماشین: یادگیری ماشین بررسی می‌کند که چگونه کامپیوترها می‌توانند بر اساس داده یاد بگیرند تا کارایی شان را بهبود بخشند. در واقع توانایی یک ماشین در بهبود عملکرد خود در تقلید روش‌های انسان‌ها با استفاده از نرم‌افزارهایی است که تکنیک‌های هوش مصنوعی را به کار می‌برند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین به ۴ دسته تقسیم می‌شوند: ۱-یادگیری با ناظر ۲-یادگیری بدون ناظر ۳-یادگیری نیمه نظارتی ۴-یادگیری تقویتی [۵].

در الگوریتم یادگیری با نظارت، آموزش روی داده‌های دارای برچسب‌های درست یا صحیح انجام می‌شود. درواقع در این نوع، نمونه‌ها برای آموزش در دسترس هستند و ورودی‌های صحیح به ماشین داده می‌شود تا از روی چند نمونه‌ی محدود الگوریتم را برای نمونه‌های دیگر تعمیم دهد. نوع دوم الگوریتم برای پروژه‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در آن داده‌ها در دسترس نباشند. نوع سوم از تعدادی داده با برچسب و تعداد زیادی داده بدون برچسب و برای افزایش دقت الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده می‌شود. در پروژه‌هایی در خانه‌ی هوشمند از الگوریتم نوع ۱ و ۳ می‌توان استفاده کرد. در الگوریتم نوع ۴ یعنی یادگیری تقویتی، ماشین در چرخه‌ی آزمون و خطا قرار می‌گیرد و یادگیری بر مبنای آزمون و خطا در تعامل با محیط می‌باشد. به ازای هر یک عمل بازخوردی از محیط دریافت می‌کند.

۳-۱-۶- لایه تبادل اطلاعات

طراحی مبدل‌های مورد استفاده در خانه‌ی هوشمند باید به صورتی باشد تا ارتباط موثر و راحت با کاربران فراهم شود. در حالت کلی سه نوع از مبدل‌ها برای کنترل از راه دور در خانه‌های هوشمند ارزیابی شدند که عبارتاند از:

- مبدل‌های مبتنی بر رایانه: که این مبدل‌ها اغلب برای یک واحد مرکزی که وظایف و دستورالعمل ها را کنترل می‌کند مناسب است. درواقع در این حالت، کنترل اعمالی صورت می‌گیرد که از قبل می‌توانند برنامه‌ریزی و تعیین شوند. مثل روشن کردن روشنایی آشپزخانه درساعت هشت شب و هر روز.

- مبدل ترمینال رسانه: که می‌تواند بر روی تلویزیون نصب شود.

- مبدل‌های گوشی‌های هوشمند: که برای

کنترل فوری مناسب است مثل بستن لوله‌های گاز که به صورت آنی و فوری و در لحظه انجام می‌شود.

۴- کاربرد خانه‌های هوشمند

۴-۱- تلویزیون‌های هوشمند

تلویزیون‌های هوشمندی که قابلیت اتصال به اینترنت را دارند. نوعی کاربرد هوشمند سازی منازل می‌باشد. این تلویزیون‌ها می‌توانند از طریق برنامه‌های موجود به محتواهایی مثل ویدیوها، موزیک‌ها و... دسترسی داشته باشند. برخی از تلویزیون‌ها قابلیت تشخیص صدا و حرکت را نیز دارند و می‌توانند از راه دور نیز کنترل شوند.

۴-۲- لامپ‌های هوشمند

مثال دیگری برای کاربرد خانه‌ی هوشمند، لامپ‌های هوشمند می‌باشد. برخی از این لامپ‌های هوشمند شامل ویژگی‌هایی هستند که می‌توانند از راه دور کنترل شوند یا به صورت خودکار متناسب با روشنایی محیط، نور خود را کم یا زیاد بکنند [۴].

۴-۳- ترموستات‌های هوشمند

با استفاده از پروتکل‌های ارتباطی مانند wifi به کاربر این اجازه را می‌دهند تا دمای اتاق را از راه دور نیز تشخیص بدهند و آن را کنترل کنند.

۴-۴- استفاده از قفل‌های هوشمند

استفاده از قفل‌های هوشمند در مسئله هوشمندسازی به کاربر این امکان را می‌دهد تا کنترل درب منزل را از راه دور در اختیار داشته باشد و به صورت انتخابی برای ساکنین درب را باز کند. همچنین قفل‌های هوشمند می‌توانند نزدیک بودن ساکنین را تشخیص دهند و به صورت خودکار درب را باز کنند.

۴-۵- دوربین‌های هوشمند

ساکنین می‌توانند سرتاسر منزل خود را بر روی دستگاه‌های هوشمند نمایش دهند که این کار توسط نصب دوربین‌های هوشمند در منزل صورت می‌گیرد و کاربران می‌توانند از راه دور منزل خود را تحت کنترل قرار بدهند.

۴-۶- مراقبت و نگهداری از حیوانات و گیاهان خانگی

نوع دیگری از کاربرد هوشمند سازی منزل مراقبت و نگهداری از حیوانات خانگی و تغذیه کردن آن‌ها، همچنین آب دادن به گیاهان از طریق مسیری که به تایمر متصل می‌باشد، در زمانی که کاربران دور از منزل هستند به صورت خودکار انجام می‌گیرد.

۴-۷- وسایل و تجهیزات آشپزخانه

بسیاری از وسایل و تجهیزات آشپزخانه می‌توانند هوشمندسازی شوند. به عنوان مثال قهوه ساز اتوماتیک است که در ساعت‌های مشخص قهوه‌ی تازه درست می‌کند، یا یخچال‌های هوشمندی که تاریخ انقضای مواد غذایی را ثبت می‌کنند یا لیست خرید برای کاربران فراهم می‌کنند و همچنین لباسشویی هوشمند، توستر هوشمند نیز مثال‌هایی برای وسایل هوشمند آشپزخانه می‌باشند.

۵- بررسی سازندگان و شرکت‌های پیشرو

شرکت‌های مختلفی با نام و برندهای متفاوت در زمینه‌ی تولید محصولات هوشمند سازی منازل فعالیت می‌کنند. در این میان معیارهایی برای سنجش و مقایسه برندهای خانه هوشمند وجود دارد. مهمترین معیارهای انتخاب یک برند عبارت است از:

۱- دوام و درصد پایین خرابی

۲- زیبایی

۳- قابلیت و کارکرد

۴- قیمت(برای بسیاری از افراد این معیار مهم ترین مسئله است.)

۵- گارانتی و خدمات پس از فروش.

بر اساس معیارهای بیان شده می‌توان برندهای زیر را جزو ۱۰ برند برتر تجهیزات خانه هوشمند مثال زد:

۱- اشنایدر الکتریسیته

۲- اینترا

۳- زنیو

۴- ای بی بی

۵- برکر

۶- مولتی تک

۷- اکوا کس

۸-جی۴

۹-جی وی اس

۱۰-ایدرا.

۵-۱- اشنایدر | schneider

در سال ۱۹۹۹ شرکت اشنایدر فعالیت خود را در زمینه محصولات الکتریکی شروع کرد. شرکت فرانسوی اشنایدر یک برند معروف و شناخته شده در بین محصولات خانه هوشمند است. در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ فعالیت خود را در زمینه هوشمند سازی گسترش داد و در سال ۲۰۱۰ فعالیت خود را رسما در زمینه سیستم‌ها و شبکه‌های هوشمند تا حد چشم‌گیری ارتقاء داد. امروزه شرکت اشنایدر یکی از بزرگترین شرکت‌های موجود در زمینه هوشمند سازی است، که تولید کننده انواع محصولات هوشمند در جهان است. در ادامه به چند محصول از این شرکت اشاره می‌کنیم: ۱-صفحه‌ی لمسی ۲-کلید هوشمند ۳- رله

۵-۲- اینترا | Interra

یکی دیگر از برندهای خانه هوشمند اینترا ترکیه است، که در زمینه تولید محصولات هوشمند سازی خانه فعالیت می‌کند. شرکت اینترا هر کدام از محصولاتش را به نحوی نسبت به مابقی برندها ارتقاء داده است. این موضوع یک رویکرد اساسی فلسفی برای بهترین بودن است. فعالیت این شرکت محدود به منطقه جغرافیایی خاصی نیست و با توجه به نمایندگی‌های آن در ۳۲ کشور جهان، محصولات خانه هوشمند این برند در بازار جهانی و با توجه به نیاز مشتری فراهم می‌باشد. در ادامه چندی از محصولات این شرکت را معرفی خواهیم کرد :

۱- تاچ پنل ۷ اینچ

۲-ماژول ورودی _ خروجی تحت شبکه

۳-کلید هوشمند ترکوستاتیک

۵-۳- زنیو | zennio

یکی دیگر از برندهای خانه هوشمند زنیو اسپانیا است، که بیش از ۱۵ سال در زمینه محصولات مبتنی بر پروتکل KNX فعالیت دارد. این شرکت یکی از برندهای معروف محصولات هوشمند سازی خانه است. شرکت زنیو بیش از ۲۵۰ محصول دارد که در بیش از ده هزار پروژه اجرا شده و هفت صد هزار محصول نصب شده در ۱۱۷ کشور جهان از افتخارات این برند است. شرکت زنیو یکی از ده برند برتر تجهیزات خانه هوشمند است. چند نمونه از محصولات این شرکت عبارت اند از: ۱- کنترل کننده‌ی پرده‌ی ۸ کاناله ۲- تاچ پنل ۳- سنسور رطوبت سنج.

۵-۴- ای بی بی | ABB

یکی دیگر از برندهای خانه هوشمند ABB است. این برند سوئیسی پیشرو در زمینه‌ی فناوری جهانی است. که تمام تلاش خود را برای تحول جامعه بشری به کار گرفته است. با بیش از ۱۳۰ سال سابقه و داشتن ۱۱۰۰۰۰ کارمند با استعداد در بیش از ۱۰۰ کشور سعی بر این دارد تا در زمینه‌ی هوشمند سازی گام بلندی بردارد. شرکت ABB نه تنها در زمینه‌ی تجهیزات هوشمند بلکه در زمینه برق، رباتیک، نرم افزار، و... نیز فعالیت دارد. چهار معیار رفتاری برای شرکت ABB مهم و قابل توجه است: شجاعت، اهمیت دادن، کنجکاوی، همکاری. از محصولات این شرکت می‌توان صفحه‌ی لمسی هوشمند و کلید هوشمند را نام برد.

۵-۵- برکر | Berker

برکر یک شرکت آلمانی است که صرفا در زمینه هوشمند سازی فعالیت می‌کند. این شرکت در چند سال اخیر یکی از جایزه‌های بزرگ جهانی را به نام خود کرده و این برای طراحی بی‌نظیر محصولات این شرکت بوده است. برکر محصولات متنوعی در زمینه هوشمند سازی به بازارهای جهانی عرضه کرده است. صفحه‌ی لمسی هوشمند و کلید هوشمند از محصولات این شرکت نیز می‌باشد.

۵-۶- مالتی تک | multitek

مالتی تک در سال ۱۹۸۹ توسط کار آفرینان خبره تاسیس شد و به یک شرکت فناوری پیشرو در ترکیه و خاورمیانه تبدیل شد. مالتی تک از زمان تاسیس بر توسعه، تولید، فروش و خدمات دستگاه‌های ارتباطی الکترونیکی تمرکز کرده است. در سال ۲۰۱۳ این شرکت بخشی مبنی بر کارخانه تولید تجهیزات هوشمند تاسیس کرد. امروزه شرکت مالتی تک یکی از شرکت‌های معروف جهان در بخش هوشمند سازی خانه است. مالتی تک بیش از ۱۵۰ کارمند، ۸ شعبه و بیش از ۵۰۰ نمایندگی خدمات پس از فروش دارد. با وجود قیمت مناسب تجهیزات، شرکت مالتی تک نیز یکی ازده برند برتر تجهیزات خانه هوشمند است. از محصولات این شرکت می‌توان آیفون و صفحه‌ی لمسی هوشمند را نام برد.

۵-۷- اکواکس | Akuvax

شرکت اکوواکس یک شرکت چینی است که پیشرو در زمینه دسترسی به آخرین فن‌آوری‌ها در زمینه‌های مختلف است. این شرکت کمک بسیار زیادی برای صنعت اینترکام (آیفون هوشمند) داشته است.

۵-۸- جی فور | G4

یکی دیگر از برندهای برتر خانه هوشمند برند جی۴ است. این شرکت در سال ۱۹۸۶ در کالفرنیا، آمریکا تاسیس شد. از زمان تاسیس این شرکت تحقیق و توسعه را در زمینه ارتباطات و کنترل با چندین حق ثبت اختراع و تجارت ثابت در این زمینه متمرکز شده است. این شرکت در حال حاضر یکی از تولید کنندگان محصولات خانه هوشمند است، و در بیشتر نقاط جهان شعبه‌هایی را دارد. در حال حاضر این شرکت در کانادا مشغول به کار است. محصولات این شرکت مانند کلید DTP ، صفحه‌ی لمسی هوشمند، کلید FTP با پروتکل sbus کار می‌کند. شرکت جی ۴ یکی ازده برند برتر سیستم هوشمند سازی و از بهترین برندهایی است که محصولاتش با پروتکل sbus کار می‌کنند.

۵-۹- جی وی اس | GVS

شرکت GVS با تاسیس در سال ۱۹۹۹ کار خود را در زمینه امنیت هوشمند، ساختمان هوشمند شروع کرد. GVS با فناوری هوش مصنوعی قصد دارد خدمات هوشمند را به مشتری ارزشمند خود ارائه دهد. این شرکت با استفاده از تکنولوژی هوشمند و تجهیزات هوشمندی که ساخته است، توانسته است در بخش امنیت هوشمند، ساختمان هوشمند، نگهداری از سالمندان پیشرو باشد. دفتر اصلی این شرکت در گوانگژو چین یک مرکز در شانگ‌های و شعبه ای در فرانکفورت و یک شعبه در سانفرانسیسکو دارد که این برند را یک برند بین‌المللی می‌کند. این شرکت یکی از ده برند برتر سیستم هوشمند سازی است. رله‌ی ۲۴ کاناله، کلید ۶ پل لمسی، صفحه‌ی هوشمند ۵ اینچ از محصولات این شرکت می‌باشد.

۵-۱۰- آیدرا | Iddero

یکی از برندهای برتر خانه هوشمند برند آیدرا است. یک تولید کننده محصولات خانه هوشمند متمرکز بر پروتکل KNX است. محصولات این شرکت با رعایت تمام استاندارد بین المللی تولید می‌شود. آیدرا یک برند اسپانیایی است و در بسیاری از نقاط جهان نمایندگی‌های بزرگی دارد. صفحه‌ی لمسی هوشمند ۴.۳ اینچی و منبع تغذیه‌ی K640_PS از محصولات این شرکت می‌باشد.

نکته‌ی حائز اهمیت در این دسته‌بندی‌ها این است که این دسته بندی تنها با معیارهای گفته شده انجام شده است و سازندگان پیشرو و موفق دیگری همانند Samsung یا LG و... وجود دارد.

۶- پروژه‌ها و طرح‌های اجرا شده در زمینه‌ی اتوماسیون سازی منزل

- امروزه اکثر وسایل الکترونیکی مانند تلویزیون، سیستم‌های صوتی، لامپ‌ها و ... سیستم‌های کنترل از راه دور مختص خود را دارند. نوعی ریموت کنترل که محصول شرکت The smart remote می‌باشد. یک کنترل کننده‌ی هوشمند از راه دور است که می‌تواند بسیاری از وسایل خانگی را از راه دور کنترل کند.

- تولید دستگاه فر هوشمند: با استفاده از فرهای هوشمند نسبت به گذشته دقت و کارایی در آشپزی بیشتر می‌شود. سیستم کامپیوتری کنترل این دستگاه باعث می‌شود تا غذا به موقع پخته شود. داده‌ها توسط شش عنصر سریع و کارآمد انرژی و دو فن انتقال گرما و یک حسگر پلاتینی دقیق دماسنج و یک دماسنج شیشه ای با دقت

بالا یک الی دو بار پردازش می‌شوند. همچنین دوربین اچ دی داخلی به گونه ای طراحی شده است که تا دمای ۵۰۰ درجه فارنهایت مقاومت دارد و لنزهای دوربین تصاویر کاملی از داخل فر را نشان می‌دهد که این تصاویر نیز توسط شبکه عصبی اختصاصی پردازش می‌شود [۶].

- دستگاه تغذیه کننده‌ی هوشمند محصول شرکت patent می‌باشد. در واقع این محصول دستگاه تغذیه‌ی هوشمندی است که با اپلیکیشن فعال می‌شود و به صاحبان حیوانات خانگی اجازه می‌دهد تا دفعات تغذیه‌ی حیوان خانگی خود را تنظیم و مدیریت کنند. با این دستگاه صاحبان حیوانات خانگی هنگام مسافرت نگران حیوانات خود نیستند و می‌توانند با اپلیکیشن مربوط به این دستگاه، دفعات غذا دادن به حیوانات خانگی خود را تنظیم کنند.

-شرکت sonos صنعت دستگاه های صوتی بی‌سیم فعالیت می‌کند و اسپیکر چند منظوره تولید می‌کند تا کاربران از هر جای خانه بتواند موسیقی را پخش کرده و با گوشی هوشمند آن را کنترل کنند.

-شرکت تادو در زمینه‌ی ترموستات‌ها و اپلیکیشن‌های هوشمند می‌باشد که می‌توانند در کنترل آب و هوای منزل فعالیت کنند. این ترموستات‌های سرمایشی و گرمایشی توسط گوشی‌های هوشمند قابل کنترل هستند. این سیستم با توجه به موقعیت کاربر و با استفاده از اپلیکیشن قادر است به طور خودکار دما را تنظیم کند. یکی از قابلیت‌های دیگر این محصول این است که برای کاربر این امکان را فراهم می‌کند تا با استفاده از گوشی هوشمند از هر نقطه‌ی جهان داخل یا خارج از منزل دمای منزل را تنظیم کند [۵] و در صورتی که آخرین فرد از منزل خارج شود و به عنوان مثال یکی از پنجره‌ها باز باشد جهت تنظیم درجه‌ی دما با ارسال پیام به کاربر اطلاع رسانی می‌کند.

-یکی دیگر از پروژه‌های ساخته شده در زمینه‌ی خانه هوشمند پروژه شرکت cielo wigle می‌باشد. در این پروژه یک سیستم تهویه‌ی هوشمند وجود دارد که به کاربران اجازه می‌دهد تا سیستم تهویه شان را در هر زمان و مکان کنترل کنند و باعث صرفه جویی ۲۵ درصدی در صورتحساب برق سیستم تهویه می‌شود.

- شرکت agust home، با تولید کلیدهای مجازی این امکان را فراهم می‌کند که کاربر از هر جای جهان درب ورودی منزل خود را کنترل کند و از طریق تلفن هوشمند همواره رفت و آمدها را کنترل نماید. یا شرکت Ring زنگ‌های درب تحت wifi را تولید می‌کند و کاربر می‌تواند به طور مستقیم از طریق گوشی همراه هوشمند یا تبلت خود به صورت زنده جلوی درب ورودی منزل خود را مشاهده نماید.

- شرکت Deako، کلیدهای هوشمند روشنایی تولید کرده است تا ساکنین "با" یا "بدون" گوشی‌های هوشمند این کلیدها و درنهایت روشنایی منزل را کنترل کنند.

۷- جمع بندی و مزایا و معایب سیستم های اتوماسیون یا هوشمند سازی منازل

همانطور که قبلا نیز اشاره شد خانه‌ی هوشمند، به یک اقامتگاهی با ویژگی‌هایی گفته می‌شود که در این اقامتگاه وسایل و تجهیزات داخل منزل می‌توانند از راه دور نیز توسط تلفن یا هر وسیله‌ی هوشمند دیگر کنترل شوند. علیرغم مزایای بسیار زیادی که خانه هوشمند دارد اما با چالش‌هایی نیز روبرو شده است. در این بخش مزایا و معایب خانه هوشمند را بررسی می‌کنیم.

مزایا:

- افزایش راحتی: خانه‌ی هوشمند سطح راحتی ساکنین را بالا می‌برد. در واقع ساکنین می‌توانند بدون این که جابه‌جا شوند توسط تلفن هوشمند، دما، روشنایی و موارد دیگر را کنترل کنند. بنابراین با اقدام سریع برای کم و زیاد کردن انرژی در خانه در مصرف انرژی صرفه جویی می‌شود و در کل باعث ایجاد راحتی و استراحت بیشتر افراد در خانه مخصوصا افراد شاغلی که به دلیل ساعت‌های کاری بالا در خارج از منزل به سر می‌برند.

-کنترل کامل وسایل خانگی تنها با یک دستگاه: جالب ترین ویژگی خانه‌ی هوشمند کنترل تمام وسیله‌ها توسط یک دستگاه می‌باشد. در واقع اگر ساکنین گوشی هوشمند در دسترس داشته باشند و به اینترنت متصل شوند می‌توانند هر وسیله‌ای را کنترل کنند و حتی تنظیمات وسیله‌های مختلف را نیز عوض کنند.

-صرفه جویی در زمان: به دلیل اینکه اکثر وسایل خانگی تنها با گوشی هوشمند یا تبلت یا هر وسیله‌ی هوشمند دیگر قابل کنترل می‌باشد افراد در مسیر بازگشت از محل کار یا در ساعاتی که منتظر وسایل نقلیه عمومی یا در ترافیک هستند می‌توانند به صورت از راه دور با گوشی هوشمند تنظیمات و کنترل لازم را انجام دهند تا پس از رسیدن به خانه، وقت اضافی برای انجام کارهای ضروری داشته باشند [۳].

-کیفیت بالای زندگی: این موضوع که بتوان کل خانه را با یک دستگاه کنترل کرد کیفیت زندگی انسان را به طور غیرمستقیم افزایش می‌دهد. در واقع کاربری که می‌تواند تمام کنترل‌ها و تنظیمات مربوط به منزل خود را برعهده داشته باشد حس امنیت و راحتی می‌گیرد و این حس باعث افزایش کیفیت زندگی می‌شود.

-اعلام هشدار هنگام بروز مشکل یا خطر جدی: ویژگی هوشمند منازل همچنین هنگامی که مشکل یا خطری خانه را تهدید می‌کند، می‌تواند با هشدارهایی به شما اعلام کند. به عنوان مثال اگر کسی سعی در سرقت خانه داشته باشد، کاربر هشدار مبنی بر ورود شخص غیرمجاز به خانه را از طریق اپلیکیشن‌های موجود می‌گیرد و می‌تواند در زمان مناسب شرایط را به پلیس گزارش دهد. این موضوع می‌تواند در تجهیزات مربوط به آشپزخانه نیز وجود داشته باشد. به عنوان مثال وقتی یخچال خالی باشد به کاربر هشداری مبنی بر انجام خرید ارسال می‌شود و کاربر حتی وقتی دور از خانه است این هشدار را دریافت کرده و خریدهای لازم را انجام می‌دهد.

-وسیله‌ی بسیار مناسب و کارآمد برای کنترل از راه دور: کنترل خانه از راه دور مسئله‌ی مهمی می‌باشد و در مواقعی ممکن است شخصی به صورت ضروری نیازمند ورود به منزل باشد اما در آن ساعات ساکنین در منزل نیستند. پس کاربر می‌تواند با استفاده از اپلیکیشن‌های موجود درب منزل را برای شخص مورد نظر باز کند

-صرفه جویی در مصرف انرژی: خانه هوشمند همچنین باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود به عنوان مثال هنگامی که در زمستان خانه را با وسایل گرمایشی گرم می‌کنیم این احتمال وجود دارد که بیشتر از حد نیاز محیط گرما تولید شود. به دلیل اینکه حفظ درجه‌ی حرارت مطلوب داخل منزل با وسایل گرمایشی قدیمی کار دشواری می‌باشد. با استفاده از تکنولوژی خانه‌ی هوشمند این احتمال که بتوان دما را در یک سطح ثابت نگه داشت وجود دارد. بنابراین دستگاه‌های گرمایشی هوشمند می‌توانند از گرم شدن بیش از حد منزل جلوگیری کنند [۲]. این ویژگی نه تنها در مورد وسایل گرمایشی بلکه در مورد تهویه‌ی هوا و سایر دستگاه‌هایی که می‌توانند مقادیر زیادی انرژی مصرف کنند نیز صادق است.

-صرفه جویی در هزینه، در طولانی مدت: تا زمانی که خانه‌ی هوشمند باعث صرفه جویی در مصرف انرژی شود باعث صرفه جویی در هزینه نیز می‌باشد. چرا که هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی روز به روز در حال افزایش می‌باشد پس کاهش در مصرف انرژی در کاهش هزینه نیز تاثیرگذار است.

-طراحی خانه‌ی هوشمند بر اساس سلیقه‌ی کاربر: خانه‌ی هوشمند یک ساختار مشخص ندارد و بسته به نیاز کاربر می‌تواند طراحی شود و یک سری تجهیزات و ویژگی‌ها افزوده و یا یک سری ویژگی‌ها حذف شود. به عنوان مثال اگر کاربری نیازی به کنترل وسیله‌ای مانند پرده در منزل را نداشته باشد می‌تواند این ویژگی را حذف کند یا غیرفعال کند. در واقع کاربر به هر وسیله‌ای که نیاز به کنترل از طریق گوشی هوشمند دارد می‌تواند به راحتی وصل شود.

- بهبود ایمنی قفل‌ها در مقایسه با قفل‌های غیرهوشمند و قدیمی: با توجه به تکنولوژی که در گوشی هوشمند استفاده می‌شود می‌توانند این تکنولوژی باعث بهبود عملکرد و ایمنی تجهیزات

هوشمند نسبت به سایر تجهیزات قدیمی غیر هوشمند باشد. مثل قفل‌های هوشمند که نسبت به قفل‌های قدیمی غیر هوشمند ایمن‌تر هستند و عملکردهای پیشرفته‌تری دارند.

- حمایت از سالمندان: خانه‌ی هوشمند زندگی بسیار راحتی برای سالمندان و سالخوردگان فراهم می‌آورد. به عنوان مثال با استفاده از تجهیزات هوشمند می‌توان درب را به راحتی و بدون کلید و تنها توسط سیستم شناساگر صدا، باز کرد که این ویژگی برای سالمندان یا کسانی که کلید خود را فراموش می‌کنند طرح بسیار مفیدی است[۲]. همچنین برای سالمندان راه رفتن و بالا و پایین آمدن از پله یا حتی در مواقعی تکان خوردن نیز مشکل است که هوشمند سازی منازل می‌تواند کمک بسیار بزرگی برای جلوگیری از حرکت و فعالیت زیاد سالمندان شود.

- یک ویژگی مناسب برای کمک به افراد ناتوان و معلول: برای افراد ناتوان خانه‌ی هوشمند می‌تواند زندگی بسیار راحت و ساده ای را به ارمغان بیاورد. مثلا اگر کسی از وسیله‌ای مانند ویلچر استفاده می‌کند طبیعتا پایین و بالا رفتن از پله‌ها برایش کاری دشوار خواهد بود [۱]. بنابراین کاربر می‌تواند وسایل و تجهیزات مختلف را تنها از طریق گوشی هوشمند خود کنترل کند.

معایب:

- هزینه‌ی نصب قابل توجه: همانطور که خانه‌ی هوشمند باعث ایجاد راحتی برای کاربران می‌شود اما چالش‌هایی نیز در آن وجود دارد. از جمله این چالش‌ها هزینه بر بودن نصب تجهیزات خانه‌ی هوشمند می‌باشد. خانه هوشمند می‌تواند مطابق با تکنولوژی‌های استفاده شده هزینه‌های بسیار بالایی داشته باشد که بسیاری از انسان‌ها علاقه‌ای به صرف هزینه‌ی بالا برای ساخت خانه‌ی هوشمند ندارند [۳].

-حیاتی بودن اتصال اینترنت: اتصال اینترنت در بحث خانه‌ی هوشمند بحث بسیار مهمی است. مثلا ممکن است در برخی نقاط اینترنت بسیار ضعیف باشد و نمی توان انتظار داشت که تجهیزات مختلف پاسخ مناسبی به درخواست‌های کاربران بدهد.

-قوانین و مسائل امنیتی: یکی دیگر از معایب هوشمند سازی یا اتوماسیون سازی منازل این است که کاربران با یک سری مسائل و مشکلات امنیتی نیز روبه‌رو هستند. به عنوان مثال سارقان می‌توانند سیستم خانه‌ی هوشمند را هک کرده و وارد آن شوند و حتی قفل در را باز کنند و به خانه دسترسی داشته باشند.

-تکنولوژی پیچیده در ارتباطات: مسئله‌ی دیگر در بحث خانه‌ی هوشمند استفاده از سیستم‌هایی با تکنولوژی‌های پیچیده می‌باشد که ممکن است در برابر مشکلات فنی کاملاً آسیب پذیر باشد. به عنوان مثال اگر اتصالات اینترنت ضعیف باشد دیگر کاربر قادر به کنترل وسایل نخواهد بود.

- در صورت شکست فناوری کمک کننده نیست: پیشرفت تکنولوژی می‌تواند باعث بهبود کیفیت زندگی همه‌ی انسان‌ها باشد اما مشکلات مربوط به فناوری نیز می‌تواند وجود داشته باشد. در واقع اگر پیشرفت تکنولوژی شکست بخورد سیستم خانه‌ی هوشمند هیچ کمکی نمی‌تواند به کاربر بکند و ممکن است اگر ما فقط به تکنولوژی تکیه کنیم، در صورت ایجاد مشکل از پس انجام کارهای خود بر نیاییم. پس همواره باید انسان‌ها سعی کنند به اندازه کافی مستقل زندگی کنند.

-علاقه مند نبودن به استفاده از تکنولوژی‌های هوشمند: بسیاری از انسان‌ها به خصوص سالمندان علاقه‌ای به استفاده از وسایل و تجهیزات هوشمند ندارند و یادگیری کار با وسایل و تجهیزات هوشمند برای آن‌ها مشکل می‌باشد حتی اگر وسایل قدیمی ایمنی کمی داشته باشند، باز استفاده از وسایل قدیمی را ترجیح می‌دهند.

-مسائل و مشکلات تعمیر و نگهداری: مسئله‌ی تعمیر و نگهداری تجهیزات هوشمند سازی بسیار مهم است. مخصوصا اگر کسی در یک شهر کوچک زندگی کند که از نظر تکنولوژی پیشرفت زیادی نداشته است یافتن فردی برای تعمیر این تجهیزات کار مشکلی است. همچنین یادگیری علوم برای تعمیر تجهیزات هوشمند نیز نیازمند افراد متخصص می‌باشد.

-ضرورت یادگیری برخی علوم اولیه: اگر

مسئله‌ی خانه‌ی هوشمند تحقق یابد، یادگیری علوم اولیه برای کار و کنترل تجهیزات وجود دارد و ممکن است در ابتدا باعث سردرگمی کاربر شود.

-ضرورت سازگاری میان برخی از دستگاه‌ها: اگر برای هوشمندسازی یک برنامه وجود داشته باشد که به ما اجازه دهد تا وسایل هوشمند به آن اتصال یابند اما باز مسایلی در مورد سازگاری بین دستگاه‌ها وجود دارد. به عنوان مثال یک دستگاه نیازمند برنامه‌ی "آ" برای اتصال است در حالی که دستگاه دیگر برای اتصال نیازمند به برنامه‌ی "ب" می‌باشد که کاربر مجبور است از چند نوع اپلیکیشن برای دستگاه های مختلف استفاده کند.

- مناسب نبودن تکنولوژی خانه‌ی هوشمند برای همه‌ی منازل: ممکن است متناسب با قدمت یک خانه، هوشمند سازی آن امکان پذیر نباشد. زیرا فناوری خانه‌ی هوشمند نیاز به نصب تجهیزات خاص خود را دارد که امکان طراحی و پیاده‌سازی آن با توجه به قدیمی بودن خانه‌ی موردنظر نباشد [۶].

- منسوخ شدن برخی از فناوری‌ها: یکی دیگر از معایب خانه‌ی هوشمند این است که ممکن است فناوری مورد استفاده منسوخ و از رده خارج شود. پیشرفت خانه‌ی هوشمند به دلیل علومی مانند علم یادگیری ماشین و هوش مصنوعی بسیار سریع بوده است. بنابراین اگر همین لحظه نیز یک خانه‌ی هوشمند بسازیم بعد از چند سال، دیگر به روز نیست و ممکن است با گذشت زمان نیازمند این باشد که تنظیمات زیادی بر روی خانه انجام شود.

- مشکلات و نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی: در مسئله‌ی هوشمندسازی منازل موضوع بسیار مهمی به نام حریم خصوصی نیز وجود دارد. مثلا اگر کاربر از سیستم تشخیص صدا استفاده می‌کند ممکن است این داده توسط آن شرکت جمع شده و برای اهداف مختلفی مورد استفاده قرار گیرد [۳].

۸ – جمع بندی و نتیجه‌گیری

خانه ی هوشمند صرفا یک موضوع تحقیقاتی نیست بلکه محصولات آن در بازار نیز موجود است. به دلیل انعطاف پذیری آن برای اهداف مختلفی از آن می‌توان استفاده کرد اما هر هدف، تجهیزات و برنامه‌های مخصوص خود را نیاز دارد. با پیشرفت هوشمند سازی بایستی بهترین وسیله و تجهیزات و برنامه‌ها برای هدف مورد نظر استفاده شود. پس وسیله‌ای که برای حالت‌های مراقبتی استفاده می‌شود نمی‌تواند برای هر هدف دیگر در خانه‌ی هوشمند نیز مورد استفاده قرار بگیرد. در کل این تکنولوژی معایب و مزایای مختلفی دارد اما می‌توان با توجه به پروژه‌ی مورد نظر از یکسری معایب چشم‌پوشی کرد یا شاید گاهی اوقات به دلیل بیشتر بودن معایب جبران ناپذیر در پروژه‌ی مورد نظر نسبت به مزایای طرح، استفاده از روش‌های دیگری ترجیح داده شود.

۹– مراجع

[1] B. L. Risteska Stojkoska and K. V. Trivodaliev, «A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions,» *Cleaner Production,* pp. 1464-1454, 2 October 2016.

[2] W. Ping and C. Bin, «Remote control scheme in smart home,» pp. 559-556, September 2013.

[3] Dinga, R. A. Cooper, P. F. Pasquinac and L. Fici-Pasquina, «Sensor technology for smart homes,» *Maturitas,* pp. 136-131, 11 March 2011.

[4] M. Amiribesheli, A. Benmansour and A. Bouchachia, «A review of smart homes in healthcare,» *Ambient Intelligence and Humanized Computing,* pp. 517-495, 14 March 2015.

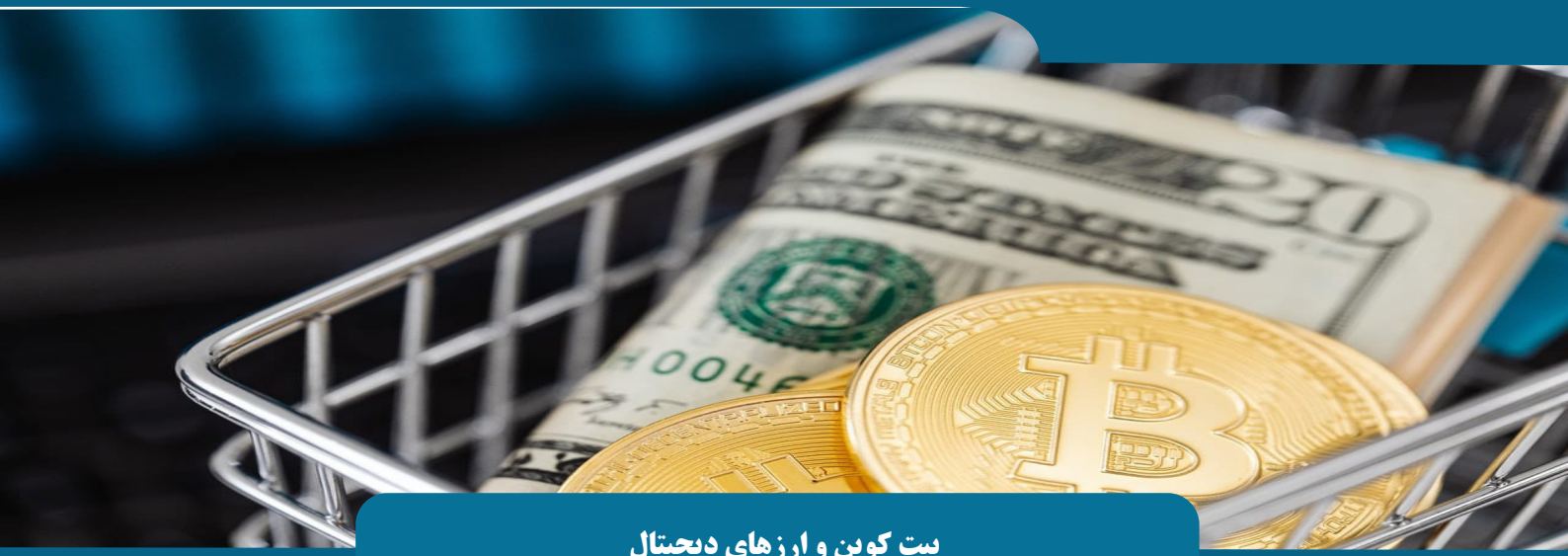
[5] S. Tang, V. Kalavally, N. K. Yew and J. Parkkinen, «Development Of A Prototype Smart Home Intelligent Lighting Control Architecture Using Sensors Onboard A Mobile Computing System,» *Energy and Buildings,* pp. 376-368, 22 December 2016.

[6] c. mcclelland,, «What is IoT? - A Simple Explanation of the Internet of Things,» 1 June 2017. [Online]. Available: https://www.leverege.com/blogpost/what-is-iot-simple-explanation.

۱۰– معرفی افراد

نسیم حقی

۱۳۷۶/ اردبیل/ کارشناسی مهندسی برق کنترل /تبریز/ ۱۳۹۸ / فعالیت در حوزه‌ی خانه هوشمند



بیت کوین و ارزهای دیجیتال

عرفان محمدی [۱]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی برق کنترل، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

پول فیات در مقایسه با ارزهای دیجیتال انعطاف پذیری کمتری دارد،توسط بانک های متمرکز و دولت ها کنترل می شود، تورم به همراه دارد،شامل مالیات های زیاد می شود،هر کشور ارز اختصاصی خود را دارد و همچنین وابسته به دولت است، اما ارزهای دیجیتال متعلق به کشور خاصی نیستند،غیر متمرکز هستند،تورم ندارند،به آسانی شامل مالیات نمی شوند و از همه مهمتر از تکنولوژی بلاک چین استفاده میکنند.در این مقاله به تفاوت،مزایا و معایب این دو نوع پول خواهیم پرداخت.

کلیدواژگان : رمز ارزها، پول فیات، تکنولوژی بلاک چین، بیت کوین، فناوری غیر متمرکز، ارزهای دیجیتال

Abstract

Fiat money is less flexible than crypto currencies, controlled by central banks and the government, consist of inflation, involves high taxes, each country has its own currency, and also depends on the government, but crypto currencies does not belong to a specific country, it is decentralized ,don't have inflation , it does not include tax easily, and most importantly, it use blockchain technology. In this article, the differences, advantages and disadvantages of these two types are allowed.

Keywords: Currency Code, Fiat Money, Blockchain Technology, Bitcoin, Decentralized Technology, Digital Currencies

۱ – مقدمه

بیت کوین یک سرمایه گذاری بلند مدت با سود آوری موجه هست و گاهی هم با دست دادن فرصت ترید کردن معقول و کسب سودهای لحظه ای، پس انتظار نوسانات قابل پیش‌بینی مانند سایر بازارها مانند بورس، املاک، خودرو، طلا، ارز و ... را نداشته باشید اما آینده ای بسیار درخشان دارد و دلیل آن هم محدودیت مقدار، انحصاری نبودن و ناگزیر بودن سیستم های بانکی و مالی در جایگزینی بلاک چین به‌جای رویه حاضر به‌منظور تثبیت نوسانات اقتصادی؛ که منجر به تهدیدی برای نظام‌های پولی اجتماعی و سیاسی است.

در بازارهای بورس قشر وسیعی از سرمایه‌گذاران به لحاظ شغل، تحصیلات و تجربه وجود دارند .هر گروه با توجه به تخصص خود شیوه های خاصی را جهت تجزیه و تحلیل بازار بورس و سهام شرکت‌ها برگزیده و اقدام به خرید و فروش سهام می‌کنند .قیمت سهام هرلحظه و بر اثر تغییرات عرضه و تقاضای بازار قابل‌تغییر است.

اگر تعداد خریداران یک سهم از تعداد فروشندگان آن بیشتر باشد، یعنی تقاضای خرید یک سهم بیشتر از میزان عرضه آن برای فروش باشد، قیمت آن سهم افزایش می‌یابد و برعکس. درک عرضه و تقاضا و تغییرات قیمتی ناشی از آن بسیار آسان است؛ اما آنچه دشوار است، فهم آن چیزی است که به تغییرات عرضه و تقاضا در بازار سهام می‌انجامد و سبب می‌شود برخی خواهان یا خریدار سهم خاصی شوند و برخی دیگر، رویگردان یا فروشنده آن باشند .برای تشریح این رفتار، نظریه‌های مختلفی شکل گرفته است.

۲ – روش تاریخی

در روش تاریخی، از دوره زمانی گذشته برای محاسبه انحراف معیار سود سهام استفاده می‌شود و سپس به‌عنوان پیش‌بینی آینده به کار می‌رود. اگرچه سطح نوسان قیمت سهم با گذشت زمان تغییر می‌کند، اما اگر روند مشخصی در نوسان قیمت وجود نداشته باشد، این روش سودمند خواهد بود. بهترین پیش‌بینی ممکن است مبتنی بر نوسان دوره اخیر باشد.

۳ – روش سری زمان

روش دوم برای پیش‌بینی نوسان قیمت سهم، استفاده از سری زمانی الگوهای نوسان در دوره‌های گذشته است. به این توضیح توجه کنید؛ انحراف معیار بازده‌های روزانه سهم براساس ماه‌های اخیر تعیین می‌شود. سپس بر مبنای روند سری زمانی از این انحراف معیارها برای تخمین انحراف معیار بازده‌های روزانه سهم در ماه آینده استفاده می‌شود. این روش با روش اول متفاوت است؛ آن‌هم به این دلیل که از اطلاعات بیش از یک ماه گذشته استفاده می‌کند.

پیش‌بینی ممکن است مبتنی بر رویه موزون باشد؛ مانند ۵۰ درصد ضربدر انحراف معیار ماه گذشته به‌علاوه ۲۵ درصد ضربدر انحراف معیار در دو ماه قبل به‌علاوه ۱۵ درصد ضربدر انحراف معیار در سه ماه قبل به‌علاوه ۱۰ درصد ضربدر انحراف معیار در چهار ماه قبل. این روش، وزن بیشتری را برای داده‌های اخیر قائل می‌شود، اما اجازه می‌دهد که داده‌های چهار ماه قبل بر پیش‌بینی اثر بگذارند. معمولاً از وزن‌ها و تعداد دوره‌های گذشته‌ای استفاده می‌شود که کمترین خطای پیش‌بینی را داشته باشند.

با این حال عوامل مختلف اقتصادی و سیاسی می‌توانند موجب شوند که نوسان قیمت سهم به‌طور ناگهانی تغییر کند؛ بنابراین حتی دقیق‌ترین مدل‌های سری زمانی لزوماً نوسان قیمت سهم را به‌درستی پیش‌بینی نمی‌کنند.

۴ – انحراف معیار ضمنی

روش سوم برای پیش‌بینی نوسان قیمت سهم، محاسبه انحراف معیار ضمنی طبق مدل قیمت‌گذاری اختیار خرید یک سهم است. صرف اختیار خرید یک سهم بستگی به عواملی همچون رابطه بین قیمت سهم و قیمت مورد توافق اختیار خرید ، شمار روزها تا قبل از تاریخ انقضاء اختیار خرید و نوسان پیش‌بینی شده تغییرات قیمت سهم

دارد. فرمولی برای برآورد صرف اختیار خرید براساس عوامل گوناگون وجود دارد.

جز در موارد نوسان پیش‌بینی شده، ارزش واقعی این عوامل مشخص است؛ اما با توجه به‌صرف واقعی اختیار خرید که توسط سرمایه‌گذاران برای آن سهم پرداخت می‌شود، محاسبه سطح نوسان پیش‌بینی شده امکان‌پذیر است. آن دسته از مشارکت‌کنندگان بازار که می‌خواهند نوسان را طی دوره ۳۰ روزه پیش‌بینی کنند، اختیار خریدی را در نظر می‌گیرند که ۳۰ روز تا انقضای آن مانده است. این معیار نشان‌دهنده نوسان پیش‌بینی شده سهم در یک دوره ۳۰ روزه توسط سرمایه‌گذارانی است که سهام را معامله می‌کنند. مشارکت‌کنندگان از این معیار برای پیش‌بینی نوسان قیمت سهم استفاده می‌کنند.

با داغ شدن مبحث ارز دیجیتال ، موضوع مقایسه ، پذیرش و به‌کارگیری این ارزهای جدید نیز در جامعه شدت گرفته است. برخی از افراد پیش‌تر نسبت به پذیرش این ارزها اقدام کرده‌اند و در مورد آن‌ها اطلاعات کاملی دارند.

اما عده دیگری با این پرسش و سردرگمی مواجه‌اند که بهترین گزینه برای آن‌ها چه می‌تواند باشد؟ اگر به صورت مسئله نگاه کنیم، ارزهای دیجیتال قابلیت پس‌انداز در بانک‌ها را ندارند و در هر فروشگاهی به سادگی نمی‌توان از آن‌ها استفاده کرد.

پس این ارزها دقیقاً چه استفاده‌ای دارند؟ پیش از آن که به بررسی دقیق‌تر جزئیات رمزارزها و موارد استفاده از آن‌ها بپردازیم، ابتدا نگاهی خواهیم داشت به تفاوت‌ها و شباهت‌های این ارزها با ارزهای رایج بین المللی یا همان پول فیات.

۵ – پول فیات

پول فیات، پولی است که از جانب دولت و حکومت بعنوان ارز قانونی اعلام شده و توسط یک کالای فیزیکی پشتیبانی نمی‌شود. اغلب مردم در سراسر جهان در کارهای روزمره خود از پول فیات استفاده می‌کنند. اما از آنجایی که این پول توسط یک کالای فیزیکی (مانند طلا و نقره) پشتیبانی نمی‌شود، ارزش آن به اعتقاد و اعتباری است که از طرف دولت مربوطه القا شده است.

۶ – مزایای پول فیات

مدیریت اعتبار: پول فیات نیازی به پشتیبانی توسط منابع ثابت و مادی ندارد، از این رو بانک‌های مرکزی می‌توانند میزان عرضه آن را به نسبت شرایط مدیریت کنند. این مسئله باعث خواهد شد تا بانک‌های مرکزی از قدرت اقتصادی برای مدیریت اعتبار، نرخ بهره و نقدینگی برخوردار شوند

کمک به بحران اقتصادی: چاپ و نگهداری از پول فیات می‌توانند در شرایط رکود اقتصادی محلی نقشی نجات بخش داشته باشد.حال استفاده از این روش در مقیاس وسیع و یا در شرایط رکود جهانی موثر نیست.

پایداری نسبی: برخلاف طلا و یا ارزهای دیجیتال که ارزش آن‌ها بسته به شرایط بازار تغییر می‌کند، ارزش پول فیات معمولاً با پایداری نسبی همراه است. بااین‌حال ارزش این نوع از ارز عمدتاً به قدرت دولت و حکومت وابسته است.

معایب

- درصورت عرضه نامحدود پول فیات ممکن است تورم افسار گسیخته‌ای ایجاد شود. ارزهای وابسته به منابع ثابتی مانند طلا و نقره، باتوجه به عرضه محدود این منابع، در بلندمدت پایداری بیشتری دارند.
- بسته به میزان انباشتگی ثروت و محل عرضه، ممکن است مالیات بالایی داشته باشد.
- به‌دلیل عدم پشتیبانی توسط یک

کالای فیزیکی، امکان بازخرید آن وجود ندارد.

- ثبات آن وابسته به دولت است. درصورتیکه یک دولت از لحاظ اقتصادی عملکرد مثبتی داشته و بانک‌های آن به خوبی کار کنند، پول فیات کارکرد مناسبی خواهد داشت؛ ولی زمانیکه یک کشور به‌دلیل ضعف مدیریتی و یا هر دغدغه دیگری دچار مشکل شود، پول فیات آن نیز دچار عدم ثبات شده و مردم آن کشور از لحاظ مالی متضرر خواهند شد.

- باوجود پیشرفت‌های فناوری و اینترنت و درنتیجه کاهش زمان تراکنش‌ها، تراکنش‌های الکترونیکی این نوع از پول معمولاً چندین روز به طول می‌انجامند و همچنین شامل تاخیرهای بانکی و کارمزد نیز می‌شوند.

- امکان چاپ غیرقانونی و جعل آن وجود دارد،پول‌های فیات چاپی و چک‌ها آسان‌ترین اهداف برای جعل به شمار می‌روند.

۷ – ارز دیجیتال

رمزارزها از نوع ارزهای دیجیتالی به‌شمار می‌روند. اغلب این ارزها بر مبنای فناوری بلاکچین ایجاد شده و برای حفظ امنیت آن‌ها از رمزنگاری استفاده می‌شود. این ویژگی امنیتی امکان کنترل و ایجاد واحدهای جدید و انتقال امن دارایی‌ها را فراهم می‌کند.

برخلاف پول فیات که توسط بانک‌های مرکزی و دولت‌ها کنترل می‌شوند، رمزارزها به‌صورت غیرمتمرکز کنترل می‌شوند. بیت‌کوین اولین ارز رمزنگاری شده غیرمتمرکز بود که در سال ۲۰۰۹ پدید آمد. از زمان توسعه آن به بعد، هزاران آلت‌کوین و توکن رمزنگاری شده دیگر برای اهداف مختلفی ایجاد شده‌اند.

مزایا

- تعداد ارزهای رمزنگاری شده به سرعت افزایش نیافته و دچار تورم نمی‌شوند. دولت‌ها و بانک‌های مرکزی به هراندازه‌ای که بخواهند قادر به چاپ پول رایج خود هستند. همین مسئله باعث می‌شود تا پول فیات در دام تورم گرفتار شود.

- ماهیت غیرمتمرکز ارزهای رمزنگاری شده باعث شده تا دسترسی به آن‌ها برای افراد سراسر جهان مقدور شود. درنتیجه برای استفاده از این ارزها محدودیت وجود ندارد و نیازی نیست که برای به‌کارگیری آن‌ها به خدمات‌بانکی‌دسترسی‌داشته‌باشیم.

- یکی از مهم‌ترین مزایای رمزارزها شفافیت تراکنش‌های آن است. به لطف وجود دفتر کل باز یا همان بلاکچین، تراکنش‌های ثبت شده به صورت عمومی تایید شده و غیرقابل تغییر و بازگشت هستند.

- این ارزها به سادگی مشمول مالیات نمی‌شوند.

- رمزارزها به‌راحتی قابل انتقال هستند. انتقال این ارزها به‌صورت نامحدودوتقریباًآنی‌انجام‌می‌پذیرد.

- ماهیت غیرمتمرکز رمزارزها باعث شده تا ایجاد هر توکن و سکه دیجیتالی جدید نیازمند تایید عمومی باشد. درنتیجه تکثیر غیرمجاز و جعل این‌ارزهای‌دیجیتالی‌غیرممکن‌است.

- بانک‌ها به دلایل مختلفی همچون هزینه انتقال، نگهداری ماهانه، هزینه برداشت، هزینه‌های بین‌المللی بانکی و اضافه برداشت، اقدام به دریافت مبالغ اضافی از مشتریان خود می‌کنند. این درحالی است که کل هزینه‌های مرتبط با رمزارزها،

به هزینه‌های شبکه مربوط بوده و به نسبت مبالغ دریافتی از جانب بانک‌ها بسیار پایین است.

معایب:

- ارزش یک رمزارز مستقیماً به میزان تقاضای آن بستگی داشته و قابل کنترل نیست.
- این ارزها هنوز از محبوبیت بالایی برخوردار نیستند. از آنجایی که اغلب مردم هنوز درک درستی از کاربرد رمزارزها ندارند، درحال‌حاضر بسیاری از افراد و کسب‌وکارها این نوع ارزها را به‌عنوان یک پول رایج نپذیرفته‌اند. درنتیجه استفاده از ارزهای رمزنگاری شده هنوز در مرحله‌ای محدود قرار دارد.
- امکان انجام فعالیت‌های مجرمانه در دنیای ارزهای رمزنگاری شده وجود دارد. از آنجایی که این نوع از ارزها بسیار جدید هستند، رگولاتورها هنوز در مرحله توسعه راهکارهایی برای جلوگیری از فعالیت‌های جنایی از طریق آن‌ها قرار دارند. پیش از آن که مقررات مشخصی برای شناسایی مشتری (KYC) در مبادلات ارزهای رمزنگاری شده تبیین شود، مجرمان به سادگی و بدون لو رفتن هویت واقعی خود قادر به انجام معاملات با این ارزهای دیجیتال بودند.
- همانطور که اشاره شد رمزارزها توسط یک دولت یا بانک مرکزی کنترل نمی‌شوند. از همین رو ممکن است ارزش این ارزهای بسیار ناپایدار بوده و به سرعت تغییر یابد. برخی از مردم این ویژگی ارزهای دیجیتال را ستایش می‌کنند؛ چراکه امکان ریسک و دریافت سود بالا را فراهم می‌کند. این درحالی است که عده دیگری از مردم دارایی‌های باثبات‌تر را ترجیح می‌دهند.
- گاهی در بازار رمزارزها شاهد پیاده‌سازی طرح‌هایی مانند پمپ و تخلیه (Pump and dump) هستیم که به دلیل ماهیت تراکنش‌های این ارزهای دیجیتال، امکان ردیابی آن‌ها بسیار دشوار است.

۸ – کلام آخر

هنگامیکه بحث کاربرد به میان می‌آید، ارز دیجیتال و پول فیات عملکرد یکسانی دارند. از هر دوی این ارزها می‌توان برای اموری چون تبادل، خرید کالاها و خدمات، اعتبار، ذخیره‌سازی و یا انتقال استفاده کرد. هردوی آن‌ها وابسته به عوامل اقتصادی بوده و بسته به این عوامل ممکن است افزایش و یا کاهش یابند. هیچ یک از این ارزها توسط یک کالای فیزیکی پشتیبانی نمی‌شوند و ارزش آن‌ها وابسته به شرایط خاصی همچون میزان تامین و تقاضا تغییر می‌کند.

زمان خیلی زیادی صرف شده تا پول فیات به ثبات برسد و به عنوان یک روش مرسوم جهانی مورد استفاده قرار بگیرد. بر همین اساس می‌توان نتیجه گرفت که رمزارزها درحال‌حاضر در مراحل ابتدایی چرخه زندگی خود قرار داشته و در طول سالیان آینده رایج‌تر خواهند شد.

هر یک از این ارزها مزایا و معایب مربوط به خود را دارند؛ بااین‌حال، حجم عظیم قابلیت‌های معرفی شده توسط یک سیستم ارز غیرمتمرکز چیزی نیست که به سادگی بتوان از آن چشم‌پوشی کرد. ارزهای دیجیتالی ممکن است درحال‌حاضر نتوانند یک ساختارشکنی عظیم را در جهان ایجاد کنند، ولی با گذر زمان تاثیر خود را خواهند گذاشت.

۹ – مراجع

[1] Y. Zhang, Toward a theory ofmarginally e<cient markets, Physica A 269 (1999) 30–44.

[2] A.W. Lo, H. Mamaysky, J. Wang, Foundations oftechnical analysis: computational algorithms, statistical inference, and empirical implementation J. Finance LV (4) (2000) 1705–1765.

[3] A.A. Tsonis, F. Heller, H. Takayasu, K. Marumo, T. Shimizu, A characteristic time scale in dollar ye exchange rates, Physica A 291 (2001) 574–582.

[4] G.H. Weiss, Aspects and Applications ofthe Random Walk, North-Holland, Amsterdam, 1994.

[5] T. Ohira, Y. Sato, Resonance with noise and delay, Phys. Rev. Lett. 82 (1999) 2811–2815.

۱۰ – معرفی افراد

عرفان محمدی
متولـد۱۳۶۹ کردستان،کارشناسـی ارشـد مهندسـی بـرق از دانشـگاه تربیـت مـدرس، بـا موضـوع پایـان نامـه در حـوزه ی خودروهـای هوشـمند، علاقـه منـد بـه تکنولـوژی بـلاک چیـن و فعـال در حـوزه ی ارزهـای دیجیتـال، معاملـه گـر و تحلیلگـر بازارهـای مالـی کریپتـو و فارکـس

آموزش برنامه نویسی مقدماتی پایتون

مرضیه ثابت [۱]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، m_sabet@modares.ac.ir

چکیده

امروزه پایتون با موفقیت در هزاران کسب و کار در سراسر جهان، از جمله بسیاری از سیستم های حیاتی و ماموریت بزرگ، استفاده می‌گردد. اگر چه برنامه های کاربردی برای پایتون متعدد هستند؛ این مقاله آشنایی با زبان برنامه نویسی پایتون است. این مجموعه نکات برای هر فردی که تمایل به آموختن زبان برنامه نویسی پایتون دارد مناسب است و نیازی به دانش قبلی در مورد برنامه نویسی ندارد.

کلیدواژگان: پایتون،آموزش برنامه نویسی

Abstract

Today, Python is used successfully in thousands of businesses around the world, including many critical systems and large missions. Although there are many applications for Python; This article introduces you to the Python programming language. This set of tips is suitable for anyone who wants to learn the Python programming language and does not need any prior knowledge about programming.

Key Words :Python , Learn Programming

۱ – مقدمه

گستردگی کاربرد پایتون در بسیار زیاد است اما به طور عمده میتوان به دسته های زیر طبقه بندی کرد:

- توسعه وب و اینترنت
- محاسبات علمی و عددی
- تحصیلات و استفاده آکادمی
- واسط گرافیکی کاربر روی دسکتاپ ها (DUI)
- توسعه نرم افزار

۲– پیدایش

پایتون در اوایل سال ۱۹۹۰ توسط Van Rossum at Stichting Mathematisch Centrum در هلند به عنوان جانشین برای زبان ABC ایجاد شد. Guido به عنوان ابداع کننده پایتون شناخته میشود، در حالی که افراد زیادی در موفقیت این زبان برنامه نویسی نقش داشته اند.

۲– دلیل انتخاب نام پایتون

به گفته خود مخترع نام پایتون را به این دلیل انتخاب کرده که یکی از طرفداران بزرگ

فیلم های کمدی ‹Monty Python›s Flying Circus› بوده است. به گفته خود او حدود ۶ سال قبل در نزدیکی کریسمس به دنبال یک سرگرمی بوده که بتواند او را مشغول پروژه برنامه نویسی نگاه دارد و پایتون را به عنوان نام پروژه اش انتخاب کرده که یک حالت متفاوت نسبت به سایر نام ها داشته باشد.

۴– Type داده

در برنامه نویسی نوع داده، مفهوم بسیار مهمی است. متغیر ها میتوانند داده ها را در انواع جنس های مختلف ذخیره کنند و انوع جنس داده میتواند کاربرد های متفاوت داشته باشد. پایتون به طور پیشفرض انواع دادهها را در دسته های زیر طبقهبندی کرده است.

جدول ۱: انواع داده در پایتون

Text Type:	str
Numeric Types:	int, float, complex
Sequence Types:	list, tuple, range
Mapping Type:	dict
Set Types:	set, frozenset
Boolean Type:	bool
Binary Types:	bytes, bytearray, memoryview

برای تعیین جنس متغیر از دستور زیر استفاده می کنیم:

```
>>> n = 5
>>> print (type(n))
<class ‘int›>
```

اگر می خواهید داده شما نوع خاصی باشد، می توانید از توابع زیر استفاده کنید:

جدول۲: انواع جنس دادهها در پایتون

Example	Data Type
x = str("Hello World")	str
x = int(۲۰)	int
x = float(۲۰.۵)	float
x = complex(۱j)	complex
x = list(("apple", "banana", "cherry"))	list
x = tuple(("apple", "banana", "cherry"))	tuple
x = range(۶)	range
x = dict(name="John", age=۳۶)	dict
x = set(("apple", "banana", "cherry"))	set
x = frozenset(("apple", "banana", "cherry"))	frozenset
x = bool(۵)	bool
x = bytes(۵)	bytes
x = bytearray(۵)	bytearray
x = memoryview(bytes(۵))	memoryview

۵– رشته ها در پایتون

می‌توان کاراکتر یا رشته string را درون ” ” یا ’ ’ قرار داد تا پایتون بتواند به عنوان کاراکتر غیر عددی تشخیص دهد.

```
>>> “Marziyeh”
‘Marziyeh’
>>> ‘Marziyeh’
‘Marziyeh’
>>> age = 15
>>> print (“the age is “ , age)
the age is 15
>>> print (“Hello”)
Hello
>>> print ( a , b )
3 2
>>> name = “ Marziyeh”
>>> age = 25
>>> print ( “ The age of “ , name , “ is  ”, age)
```

۵–۱– برش زدن رشته

برای این که بتوان بخشی از یک رشته را انتخاب کنید، می‌توانید از اندیس متناظر هر کاراکتر استفاده کنید و با استفاده از اندیس

کاراکتر ابتدا و انتهای آن به آن قسمت از کاراکتر دسترسی پیدا کنید.

```
>>> b = «Hello, World!»
>>> print(b[2:5])
llo
```

برای جدا کردن از ابتدا تا اندیس ۵ کافی است مقدار اولیه قبل از ":" را خالی بگذارید.

```
>>> print(b[:5])
Hello
```

۵-۲- تبدیل کاراکترها به حروف کوچک یا بزرگ

اگر بخواهید تمام کاراکترها را با حروف بزرگ یا کوچک بنویسید، از دستور زیر استفاده کنید.

```
    Hello, World» = a <<<
>> print(a.upper())
>>> print(a.lower())
HELLO, WORLD!
hello, world!
```

۵-۳- ترکیب دو رشته

برای اتصال یا ترکیب دو رشته می توانید از عملگر + استفاده کنید.

```
>>> a = «Hello»
>>> b = «World»
>>> c = a + b
>>> print(c)

HelloWorld
```

برای افزودن فاصله بین آنها ، یک «» اضافه کنید:

```
>>> a = «Hello»
>>> b = «World»
>>> c = a + « « + b
>>> print(c)
Hello World
```

۶- مقادیر Boolean

در برنامه نویسی اغلب باید بدانید که اصطلاح درست یا غلط است.می‌توانید هر عبارتی را در پایتون ارزیابی کنید و یکی از دو جواب درست یا غلط را بدست آورید. وقتی دو مقدار را مقایسه می‌کنید، عبارت ارزیابی می شود و پایتون جواب بولی را بر می گرداند:

```
>>> print(10 > 9)
>>> print(10 == 9)
>>> print(10 < 9)
True
False
False
```

۷- اپراتور های پایتون

از اپراتورها برای انجام عملیات بر روی متغیرها و مقادیر استفاده می‌شود. در مثال زیر، از عملگر + برای جمع کردن دو مقدار استفاده می‌کنیم:

می‌توانید به سادگی به عنوان ماشین حساب از پایتون استفاده کنید. همه دستورات { - ، + ، * ، \، ^ } در پایتون قابل استفاده هستند.

جدول ۳: اپراتورهای عملگری در پایتون

Operator	Name	Example
+	Addition	x + y
-	Subtraction	x - y
*	Multiplication	x * y
/	Division	x / y
٪	Modulus	x ٪ y
**	Exponentiation	x ** y
//	Floor division	x // y

```
>>> print ( 5 + 9 )
14
>>> 5 * 4
20
>>> print ( (8+4) / 2 )
6
```

*(اگر از کولب یا جوپیتر برای برنامه نویسی استفاده می‌کنید، هنگامی که در یک بخش کد یک دستور را می‌خواهید پرینت کنید، نیازی به نوشتن دستور print نیست.)

۸- لیست

از لیست ها برای ذخیره چندین مورد در یک متغیر استفاده می شود. لیست ها یکی از ۴ نوع داده در پایتون هستند که برای ذخیره مجموعه داده ها استفاده می شوند، ۳ تای دیگر، Tuple ، Set و Dictionery هستند.

لیست ها با استفاده از کروشه [ ] ساخته می شوند.

```
>>> thislist = [«apple», «banana», «cherry»]
>>> print(thislist)
[‹apple›, ‹banana›, ‘cherry›]
```

برای نمایش تعداد المانهای درون لیست از دستور زیر استفاده میشود.

برای نمایش نوع داده درون لیست از دستور زیر استفاده میشود.

برای دسترسی به یک المان از لیست:

```
>>> print(len(thislist))
3
>>> print(type(thislist))
<class ‹list›>
>>> print(thislist[۱])
banana
```

(*توجه شود که لیست میتواند از هر جنس داده ای باشد.)

۶- کار با کتاب خانه های پایتون Numpy

اگر به دنبال یادگیری پایتون هستید، باید با کتابخانه های معروف آن را نیز یاد بگیرید. اولین کتابخانه که میخواهیم با آن آشنا شویم، Numpy است. این کتابخانه که مخفف Numerical Python است، همانطور که از اسم آن پیداست، به منظور انجام محاسبات عددی متنوعی در پایتون به کار میرود. در این کتابخانه میتوان به کمک آریه ها محاسبات را با سرعت خوب انجام داد. یادگیری این کتابخانه بسیار ساده و قدرتمند به یادگیری سایر کتابخانه ها و توابع پایتون کمک بسیاری می کند.

۹-۱- نصب کتابخانه Numpy

در ابتدا مطمئن شوید این کتابخانه در محیط که با آن برنامه نویسی پایتون را تمرین می کنید، نصب شده باشد.

می توانید ورژن پایتون خودرا با دستور زیر چک کنید.

```
>>> print(numpy.__version__)
```

در صورتی که نصب نیست میتوانید با دستور زیر در colab کتابخانه را نصب کنید.

```
>>> !pip install bumpy
```

بعد از این که فرآیند نصب به طور کامل انجام شد، وقت آن رسیده است که کتابخانه را به داخل برنامه ای که مینویسید وارد کنید، اصطلاحا import کنید. می توان با استفاده از دستور as بعد از آن به صورت مخفف نامی برای آن تعریف کنیم.

```
>>> import numpy as np
```

۹-۲- تعریف آرایه در numpy

می توان با استفاده از کتابخانه Numpy یک آرایه ۱ یا چند بعدی در پایتون تعریف کرد. توجه کنید که نامی که به عنوان مخفف ‘np’ برای کاتابخانه تعریف کردیم در سرتاسر کد از همان نام استفاده میکنیم. دستور زیر یک آرایه یک بعدی با ۳ مقدار ۱ و ۱و ۳ را تعرف کردهایم. سپس با دستور print آرایه را نمایش دادیم.

```
>>> a = np.array([۱,۱,۳])
>>> print(a)
```

برای تعریف لیست آرایه چند بعدی با درایه های صفر می توان از دستور زیر استفاده کرد. یک آرایه دو بعدی با ۲ سطر و ۳ ستون را با type مشخص به عنوان مثال float در متغیر e ایجاد کرده و پرینت می کنیم.

```
>>> e = np.zeros((2,3) , dtype = float)
>>> print (e)
[[0. 0. 0.]
[0. 0. 0.]]
```

برای تعریف لیست چند بعدی با درایه های یک می توان از دستور زیر استفاده کرد. یک لیست سه بعدی با ۲ سطر و ۱ ستون را در متغیرb ایجاد کرده و پرینت می کنیم.

```
>>> b = np.ones([(3,2,1)])
>>> print (b)
[[[1.]
[1.]]

[[1.]
[1.]]

[[1.]
[1.]]]
```

برای دسترسی به عناصر یک آرایه به اندیس مورد نظر درون آن مراجعه میکنیم. میتوان از حلقه در تماما عناصر آرایه نیز استفاده کنید.

```
>>> cars = [«Ford», «Volvo», «BMW»]
>>> for x in cars:
print(x)
```

Ford
Volvo
BMW

۹-۳- افزودن عناصر آرایه

برای افزودن عنصری به آرایه می توانید از روش زیر استفاده کنید.

append()

برای تولید مجموعه اعداد با گام های مشخص با ابتدا و انتها محدود میتوان از دستور زیر استفاده کرد. مقادیر درون آرگومان به ترتیب :۱- ابتدا شروع اعداد، ۲- انتهاء شروع اعداد +۱ ،۳- اندازه گام است. دقت کنید که در پایتون اندیس ها از صفر شروع می شوند و برای بازه های اعداد اخر بازه را باز درنظر می گیرد و آن عدد را جزء بازه اعداد در نظر نمیگیرد[a , b) : یه همین دلیل برای پایان اعداد با ۱ باید جمع شود.

در مثال زیر اعداد میان ۲ و ۱۰ با گام ۲ را تولید کرده ایم. بعد از تولید اعداد و ذخیره کردن در مقادیر درون متغیر و اندیس صفر آرایهnمتغیر را نمایش می دهیم.

```
>>> n = np.arange(2 , 11 , 2)
>>> print (n)
>>> print (n[0])
[ 2  4  6  10 8]
2
```

برای تولید اعداد به صورت خطی با داشتن ابتدا و انتها و تعداد اعداد میتوان از دستور زیر برای تولید یک آرایه خطی از اعداد میتوان میتوان در هر زیرcolabاستفاده کرد. در محیط بخش جدا مربوط به کد اگر فقط یک متغیر را در انتهای کد میخواهید خروجی اش را مشاهده printکنید نام همان متغیر را بدون دستور نوشته و با اجرای برنامه مقادیر درون متغیر را مشاهده کنید.

```
>>> f = np.linspace (0,100,6 )
array([  0.,  20.,  40.,  60.,  80., 100.])
```

اگر میخواهید یک آرایه چند بعدی به فرض ابعاد (۲,۳) از یک عدد خاص مثلا عدد ۲ بسازید، کافی است از تابع full در کتابخانه numpy استفاده کنید.

```
>>> np.full((2,3),2)
array([[2, 2, 2],
  [2, 2, 2]])
```

درeyeبرای ساخت یک ماترکس قطری از تابع کتابخانه پایتون استفاده می کنیم.

```
>>> np.eye(3)
array([[1., 0., 0., 0.],
    [0., 1., 0., 0.],
    [0., 0., 1., 0.]])
```

۹-۴- تولید عدد تصادفی

Numpy برای تولید عدد تصادفی با کتابخانه shapeمیتوان عدد تصادفی درون بازه مشخص ، مشخص و تعداد معین را تولید کرد.
مشخصshapeدستور زیر یک آرایه داده با (۲,۳,۱) بین ۰ و ۱ تولید میکند.

```
>>> n = np.random.rand(2 , 3 , 1)
[[[0.4204917 ]
  [0.24475945]
  [0.81649269]]

 [[0.76187311]
  [0.93066929]
  [0.20921354]]]
```

دستور زیر اعداد تصادفی از جنس int تولید میکند; مقادیر درون آرگومان به ترتیب از چپ: حد پایین، حد بالا و shape را مشخص می کند.

```
>>> x = np.random.randint( 3 , 20 , 5 )
[18  15 15 13 7]
```

۹-۴- مرتب سازی صعودی یا نزولی آرایه

برای مرتب سازی صعودی آرایه از دستور sort استفاده می کنیم.

```
>>> b = [1 , 8 , 4, 6]
>>> np.sort(b)
array([1, 4, 6, 8])
```

۹-۵- Transpose کردن ماتریس

برای جابه جایی سطر و ستون های یک ماتریس که به آن matrix transpose گویند، میتوان از کتابخانه numpy استفاده کرد.

```
>>> h = np.random.rand(3,2)
>>> print (‹h = ‹,h)

>>> s = h.T

>>> print (‹h_transpose = ‹ , s)

h =  [[0.47280155 0.33721154]
 [0.54755929 0.35071553]
 [0.75873888 0.53966843]]
h_transpose= [[0.53966843 0.35071553 0.3372115]
 [0.75873888 0.54755929 0.47280155]]
```

۹-۶- پاک کردن یک سطر یا ستون از آرایه ماتریس

برای این کار از دستور delete می کنیم. برای حذف یک سطر نام متغیر، شماره اندیس سطر و عدد صفر به ترتیب از چپ درون آرگومان تابع قرار میگیرد و برای حذف ستون به جای عدد صفر عدد ۱ جایگذاری شواهد شد.

```
>>> h = [[0.47280155 0.33721154]
         [0.54755929 0.35071553]
         [0.75873888 0.53966843]]
>>> np.delete(h , 2 ,0)
array([[0.33721154, 0.47280155],
       [0.35071553, 0.54755929]])
```

۹-۷- ضرب ماتریسی

با داشین دو ماترکس h , s ضرب ماتریسی به صورت زیر است:

```
>>> np.matmul(h,s)
```

۹-۸- محاسبه وارون ماتریس

برای محاسبه وارون یک ماتریس
از توابع جبر خطی در linalg استفاده می کنیم.

```
>>> k = [[1 ,2 ,3],[2 , 3 , 4], [3, 5, 6]]
>>> q = np.linalg.inv(k)
```

۹-۹- محاسبه مقادیر آماری

میانگین، مد، واریانس و انحراف معیار

```
>>> np.mean(k)
>>> np.median(k)
>>> np.std(k)
>>> np.var(k)
```

۹-۱۰- کپی کردن مقدار درون یک متغیر در متغیر دیگر

در ابتدا یک آرایه با اعداد دلخواه درون متغیر b تولید می کنیم،سپس مقادیر درون این متغیر را با مساوی قرار دادن با متغیر a درون متغیر a می ریزیم. حال صفرمن درایه متغیر b را تغییر می دهیم. اکنون انتظار داریم درایه صفر آرایه b برابر ۰ و آرایه a برابر با ۱ باشد. برابری این دو المان را بررسی می کنیم.

```
>>> b = [1 , 8 , 4, 6]
>>> a = b
>>> b[0]= 0
>>> a[0] == b[0]
True
```

بله True !! مقدار درون a با مقدار درون b برابر است!! در واقع پایتون به دلیل این که یکبار مقادیر a وb باهم برابر قرار داده شده اند،پس از هر تغیر در متغیر اولی به صورت خودکار مقادیر آن را در متغیر a نیز به روز کرده است.
برای این که از این اشکال جلوگیری شود، پایتون دستور کپی را قرار داده است.

```
>>> a = np.copy (b)
>>> b[0] = 5
>>> a[0] == b[0]
False
```

۱۰- توابع ریاضی

از توابع min () و max() می‌توان کمترین یا بالاترین مقدار را در یک آرایه پشت سرهم پیدا کرد:

```
>>> x = min (5, 10, 25)
>>> y = max(5, 10, 25)
>>> print(x)
>>> print(y)
5
25
```

تابع abs() مقدار مطلق مثبت را برمی گرداند:

```
>>> x = abs (-7.25)
>>> print (x)
7.25
```

تابع pow(x,y) مقدار x را به توان y را بر می گر دا نـد .

```
>>> x = pow (4, 3)
>>> print (x)
64
```

۱۱- کتابخانه Math

پایتون یک کتابخانه داخلی به نام math دارد که لیست توابع ریاضی را گسترش می‌دهد.

برای استفاده از آن ، باید کتابخانه math را فراخوانی کنید:

```
import math
```

پس از فراخوانی کتابخانه مذکور می‌توانید از توابع آن استفاده کنید.

به عنوان مثال: تابع() math.sqrt، جذر یک عدد را برمی‌گرداند.

```
>>> math.sqrt(64)
```

8.0

به منظور تقریب یک عدد به عدد صحیح به سمت بالا از دستور() math.ceil و تقریب یک عدد به عدد صحیح کمتر از دستور () math.floor می‌توان استفاده کرد.

عدد پی را نیز می‌توان با دستور math.pi در محاسبات استفاده کرد.

۱۲- مصورسازی داده

۱۲-۱- کتابخانه Matplotlib

Matplotlib یک کتابخانه رسم نمودار سطح پایین در پایتون است که به عنوان یک ابزار تجسم عمل می کند. Matplotlib توسط John D. Hunter ایجاد شده است.

Matplotlib منبع باز است و ما می توانیم آزادانه از آن استفاده کنیم.

این کتابخانه بیشتر با پایتون نوشته شده است، اما چند بخش با C، Objective-C و Javascript برای سازگاری با بسترهای نرم افزاری نوشته شده است.

اگر این کتابخانه در نرم افزار شما نصب نیست ابتدا آن را نصب کنید. سپس به صورت زیر فراخوانی کنید.

```
>>> import matplotlib
```

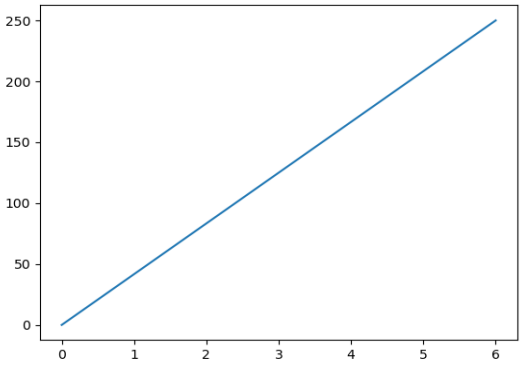
برای اطمینان از نصب می‌توانید ورژن آن را با دستور زیر چک کنید.

```
>>> print(matplotlib.__version__
```

۱۲-۲- Pyplot

بیشتر برنامه های کاربردیِ Matplotlib در ماژول pyplot قرار دارند و معمولاً با نام مستعار plt وارد می شوند:

```
>>> import matplotlib.pyplot as plt
>>>  xpoints = np.array([0, 6])
>>> ypoints = np.array([0, 250])
>>> plt.plot(xpoints, ypoints)
>>> plt.show()
```



شکل ۱: رسم خطوط بین نقاط با داشتن x , y در پایتون

از تابع() plot برای رسم نقاط نشانگرهادر نمودار استفاده می‌شود.

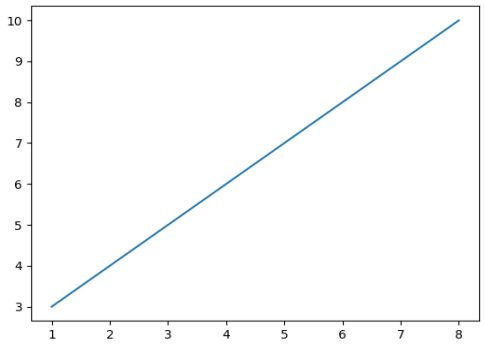
به طور پیش فرض، تابع این تابع خطی را از نقطه ای به نقطه دیگر رسم می‌کند. این تابع پارامترهایی را برای تعیین نقاط در نمودار می‌گیرد.

پارامتر۱ آرایه ای است که حاوی نقاط محور x است.

پارامتر۲ آرایه ای است که دارای نقاط محور y است.

اگر بخواهیم یک خط از [۱, ۳] ، [۸, ۱۰]رسم کنیم :

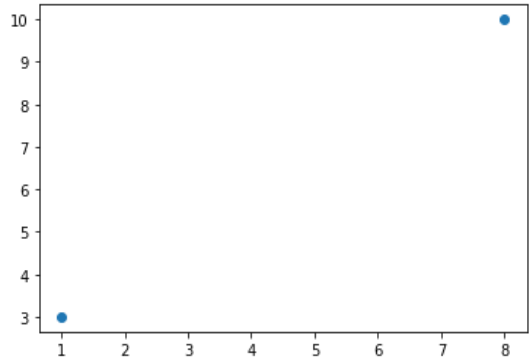
```
>>> points = np.array([1, 8])
>>> ypoints = np.array([3, 10])
>>> plt.plot(xpoints, ypoints)
>>> plt.show()
```



شکل ۲: رسم خطوط بین دونقطه در پایتون

برای رسم دو نقطه در نمودار در دو موقعیت (۱,۳) و (۸,۱۰) از دستور زیر در کتابخانه matplotlib استفاده می‌کنیم.

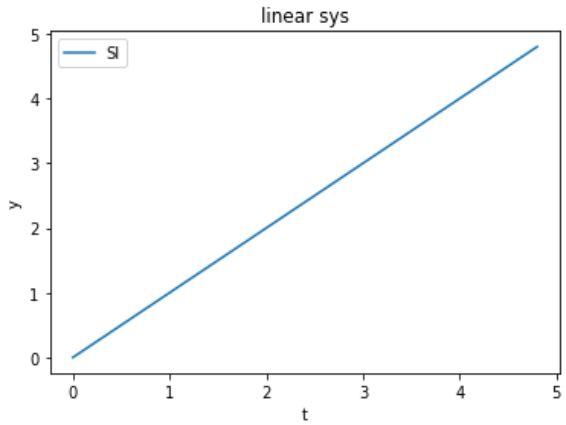
```
>>> xpoints = np.array([1, 8])
>>> ypoints = np.array([3, 10])
>>> plt.plot(xpoints, ypoints, 'o')
>>> plt.show()
```



شکل ۳: رسم نمودار نقطه ای در پایتون

می‌توانید برچسب در راستا x و y عنوان نمودار را نیز وارد کنید.

```
>>> t = np.arange (0 , 5 ,0.2 )
>>> plt.plot (t , t , label = 'SI')
 # legend
>>> plt.legend()
 #label
>>> plt.xlabel('t')
>>> plt.ylabel('y')
 #titel
>>> plt.title('linear sys')
>>> plt.show()
```



شکل ۴: برچسب گذاری و عنوان نمودار

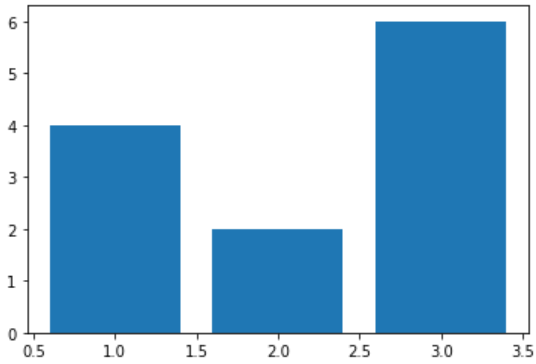
برای تغییر رنگ خطوط نمودار از جدول زیر می‌توانید استفاده کنید.

جدول ۴ : تعیین رنگ در رسم نمودار

Color Syntax	Description
r'	Red
g'	Green
b'	Blue
c'	Cyan
m'	Magenta
y'	Yellow
k'	Black
w'	White

برای رسم نمودار میله ای هیستوگرام از دستور bar استفاده می‌کنیم.

```
>>> plt.bar([1,2,3],[4,2,6])
```



شکل ۵: رسم نمودار میله ای در پایتون

نمودار scatter نموداری است که در آن هر مقدار در مجموعه داده ها

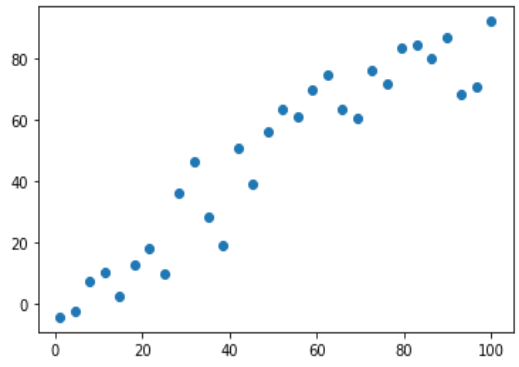
با یک نقطه نشان داده می‌شود.

ماژول matplotlib روشی برای رسم نمودارهای پراکنده دارد، با داشتن دو آرایه با طول یکسان، یکی برای مقادیر محور x و دیگری برای مقادیر محور y نیاز دارد.

فرض کنید می‌خواهیم نمودار پراکندگی خط x=y را با درنظر گرفتن نویز تصادفی نرمال رسم کنیم.

برای این کار ابتدا نقاط مربوط به xرا به صورت تصادف با طول ۳۰ و در بازه ۱ تا ۱۰۰ به صورت خطی تولید می‌کنیم. برای تولید نویز تصادفی با توضیح نرمال از دستور randn در تابع random کتابخانه numpy استفاده می‌کنیم و ۳۰ عدد تصادفی نرمال تولید کرده و به عنوان نویز به تابع خطی اضافه می‌کنیم. سپس نمودار را رسم می‌کنیم.

```
>>> x = np.linspace(1,100,30)
>>> e = np.random.randn(1,30)*10
>>> y = x + e
>>> plt.scatter(x , y)
>>> plt.show()
```

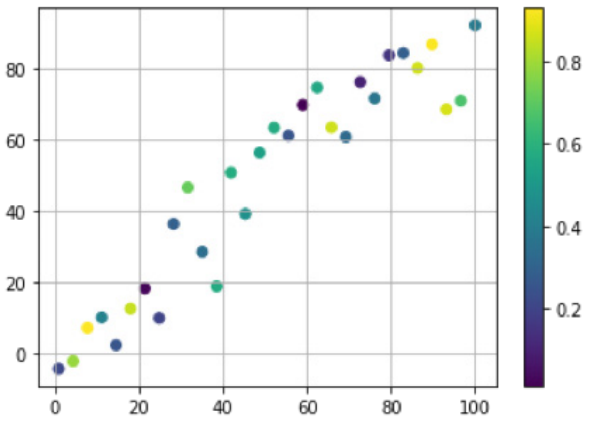


شکل ۶: رسم نمودار نقطه ای رنگی در پایتون

برای نمایش رنگی نمودار می‌توان با اضافه کردن یک مقدار به آرگومان تابع تصویر رنگی ایجاد کرد.

همچنین می‌توانید نمودار خود را گرید بندی کرده و ستون نمایش رنگ بر اساس ارزش را نیز مشاهده کرد.

```
>>> color = np.random.rand(30)
>>> plt.scatter(x , y , c = color)
# grid
>>> plt.grid()
#colorbar
>>> plt.colorbar()
>>> plt.show ()
```



شکل ۷ : رسم نمودار نقطه ای رنگی با colorbar در پایتون

۱۳ – مراجع

[1] Jake VanderPlas. 2016. Python Data Science Handbook: Essential Tools for Working with Data (1st. ed.). O'Reilly Media, Inc.

[2] https://www.w3schools.com/python/python_reference.asp

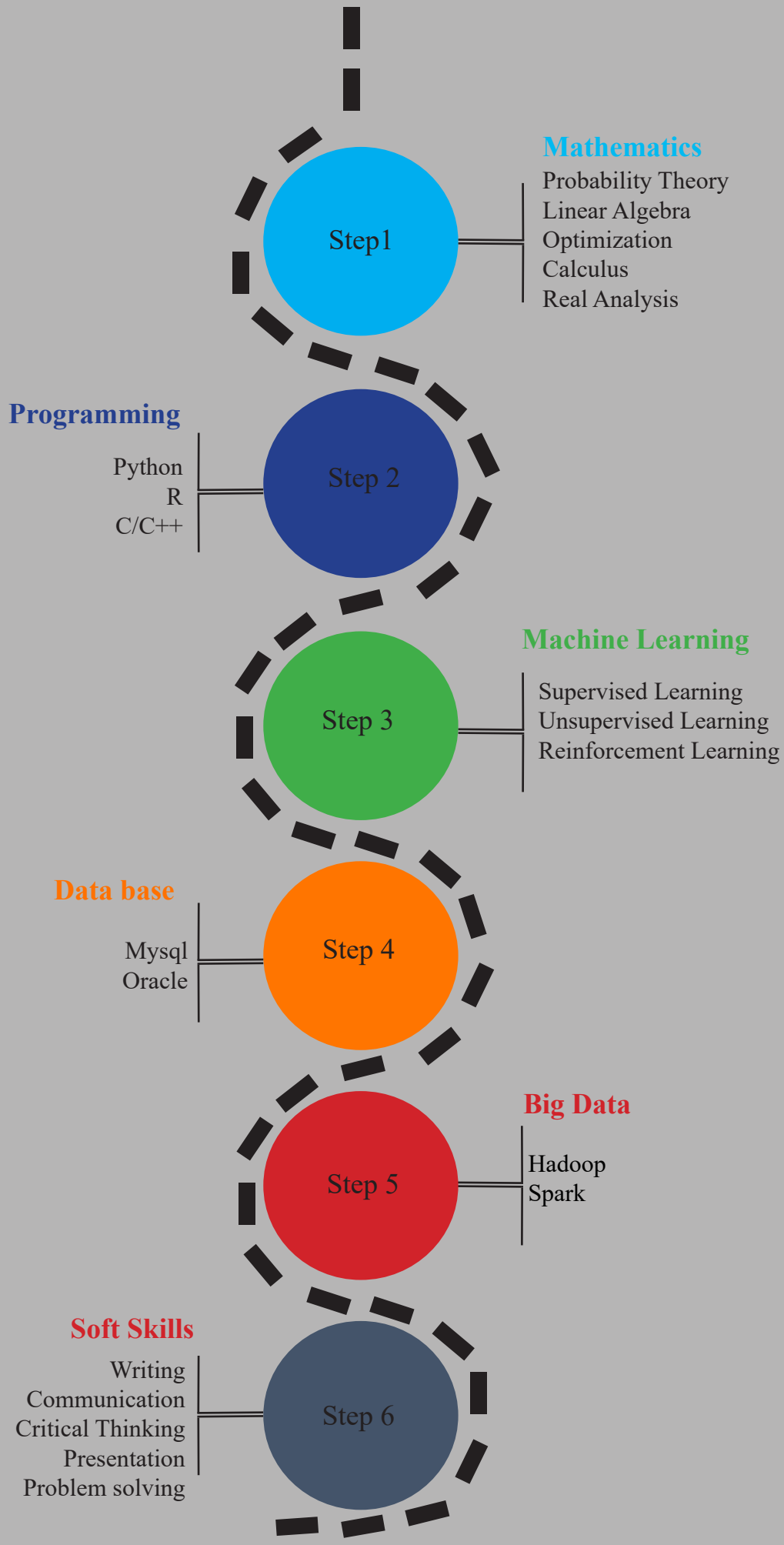
۱۴- معرفی افراد

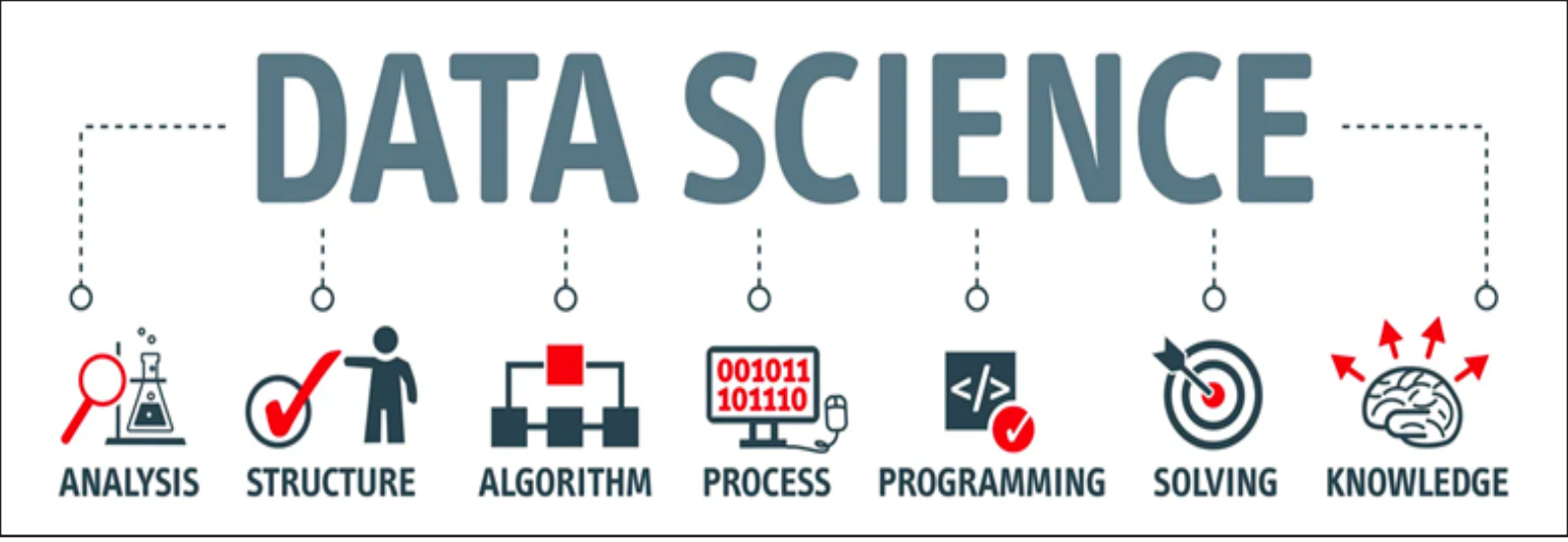
مرضیه ثابت

متولد سال ۱۳۷۴ شیراز، در سال ۱۳۹۸ مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق گرایش کنترل از دانشگاه تهران اخذ نموده و هم اکنون دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق دانشگاه تربیت مدرس تهران است. از علاقه مندی‌های وی مباحث مربوط به یادگیری ماشین، علوم داده و شبکه هوشمند برق اشاره نمود. هم چنین عضویت دانشجویی IEEE از سال ۱۳۹۴، عضویت در انجمن علمی مهندسی برق و کامپیوتری دانشگاه تربیت مدرس از سال ۱۴۰۰، عضویت در تیم اجرایی نشریه برقکام در چاپ دوم می‌باشد.

Data Science Roadmap

This plan is designed to perfectly benefit working professionals who have less time to study .
However , if you can dedicate sufficient study hours, you should accomplish these monthly goals much faster.





① Mathematic

Youtube Channels

a) siraj Raval

b) 3Blue1Brown

c) sentdex

Resources Available

a) Khan Academy

b) medium

d) coursera

F) introduction to statistics by udacity

J) MIT Open Course

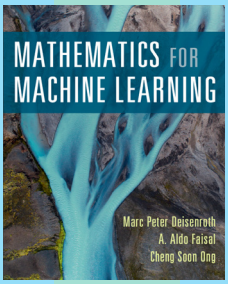
G) faradars

I) maktabkhooneh

H) OpenIntro Statistics

Book:

This books can help you to start your mathematical journey.



② Learn To Code

Pick a programming language (either Python or R), and start learning. I suggest starting out with Python because it is more widely used than R.

1- Learn Programming R and Python in Codecademy

2- Learn Python Programming in corsera

3- R with Hadeley Wickham

4- Datacamp

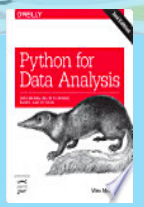
5- Udemy: 2021 Complete Python Bootcamp From Zero to Hero in Python

6- Learn python with Jadi

7- Faradars

Books:

- Python for Data Analysis
- R Cookbook



③ Machine Learning

1- Take up Machine learning course by Andrew Ng in Corsera

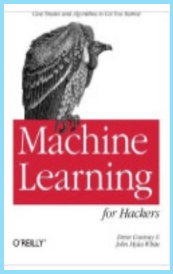
2- Udemy: Python for Data Science and Machine Learning Bootcamp

3- Datacamp: Machine Learning Fundamentals with Python

Book :

1- Pattern Recognition and Machine Learning, Bishop

2- machine learning for hackers



④ Data base

1-Learn MySQL

2- Mongo DB university

3- “Introduction to Database” , Stanford University

4- faradars

⑤ Big Data

1- Big Data corsera

2- Hadoop faradars

3- Git.ir

4- spark , Hadoop in Danup

⑥ Exercise and Project

1- Learn Git in Maktabkhooneh

2- Try Kaggle competition

3- follow Data science in the world

4- Update your knowledge

⑦ Boocamp,Intership,Job

Participation in internships and boot camps can be a good start to start the Data science path.

Every year, some of corporate companies, such as Dirar, cafe bazar and rahnema college , present internship and boot camp in data scientist field. You can hire and acquire experience in addition to benchmarking your ability. Of course, you can apply through employment sites for this job position in different companies and organizations.

فصل سوم

پادکست‌های شنیدنی مهندسی برق

- سرگذشت لامپ رشته ای
- واقعیت مجازی
- کامپیوترهای کوانتومی
- شتاب دهنده ی ذرات
- اسکلت های بیرونی

- The story of the incandescent lamp
- Virtual reality
- Quantum computers
- Particle accelerator
- Exoskeletons

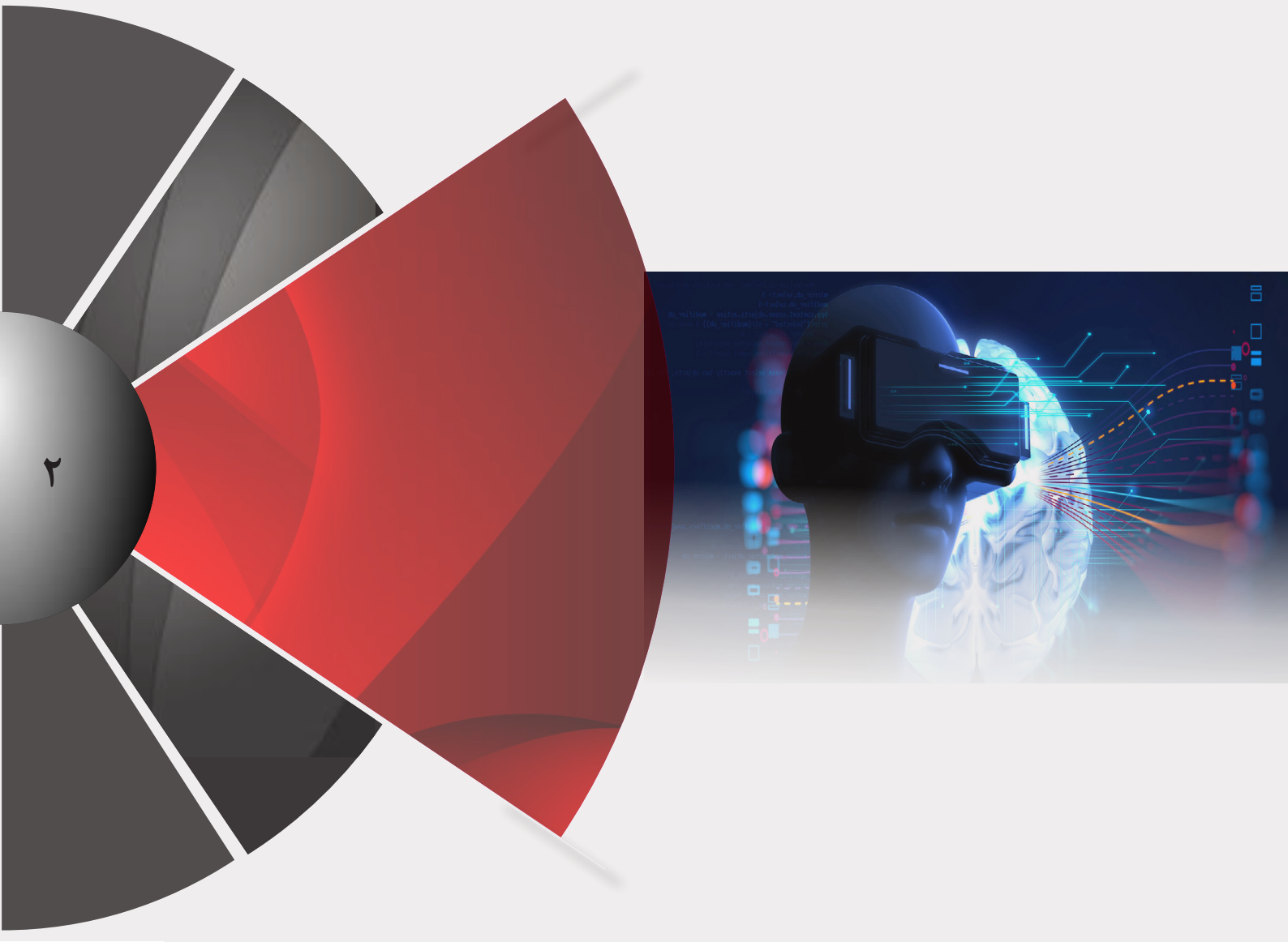
سرگذشت لامپ رشته ای

اگر از شما بپرسند نام مخترع لامپ رشته ای چه کسی بود، احتمالا جواب می دهید توماس ادیسون، همچنین اگر از شما پرسیده شود مخترع برق چه کسی بود؟ احتمالا دوباره پاسخ می دهید ادیسون!
خوب است بدانیم که قبل از اینکه لامپ رشته ای اختراع شود، لامپ قوسی توسط دیویی اختراع شده بود. پس ادیسون اولین کسی نبود که لامپ را اختراع کرد.
پس از دیوی دانشمندان دیگری لامپ های مختلف دیگری را اختراع کردند که سر راه هرکدام مشکلاتی وجود داشت. تا اینکه در سال ۱۸۷۸ توماس ادیسون جوان ادعا کرد می تواند در مدت زمان ۶ هفته یک نور ایمن تر، ارزان تر و قابل اعتمادتر تولید می کند. برای دانستن ادامه ماجرای لامپ رشته ای و جزئیات آن این قسمت از پادکست را گوش کنید.

محمد امین قاسمی

واقعیت مجازی

واقعیت مجازی، محیطی است که بصورت کامپوتری به وجود می آید و از لحاظ ابعاد تصویری و صدا، شباهت زیادی به واقعیت ملموس و دنیای واقعی دارد. در این محیط، ذهن انسان بعد از مدتی می پذیرد که در یک محیط واقعی قرار گرفته است. لازمه ی واقعیت مجازی برای تاثیرگذاری بیشتر بر روی کاربر در محیط دیجیتالی، استفاده از امکانات واقعی است که حواس آن را درگیر کند. از جمله ی این امکانات می توان به صدا، حرکت، بو و البته حس لامسه اشاره کرد. علاوه بر واقعیت مجازی، تکنولوژی های دیگری نیز هستند که در محیط دیجیتالی کاربرد دارند. در این قسمت از پادکست به توضیح این تکنولوژی ها و تاریخچه هرکدام می پردازیم.



محمد امین قاسمی

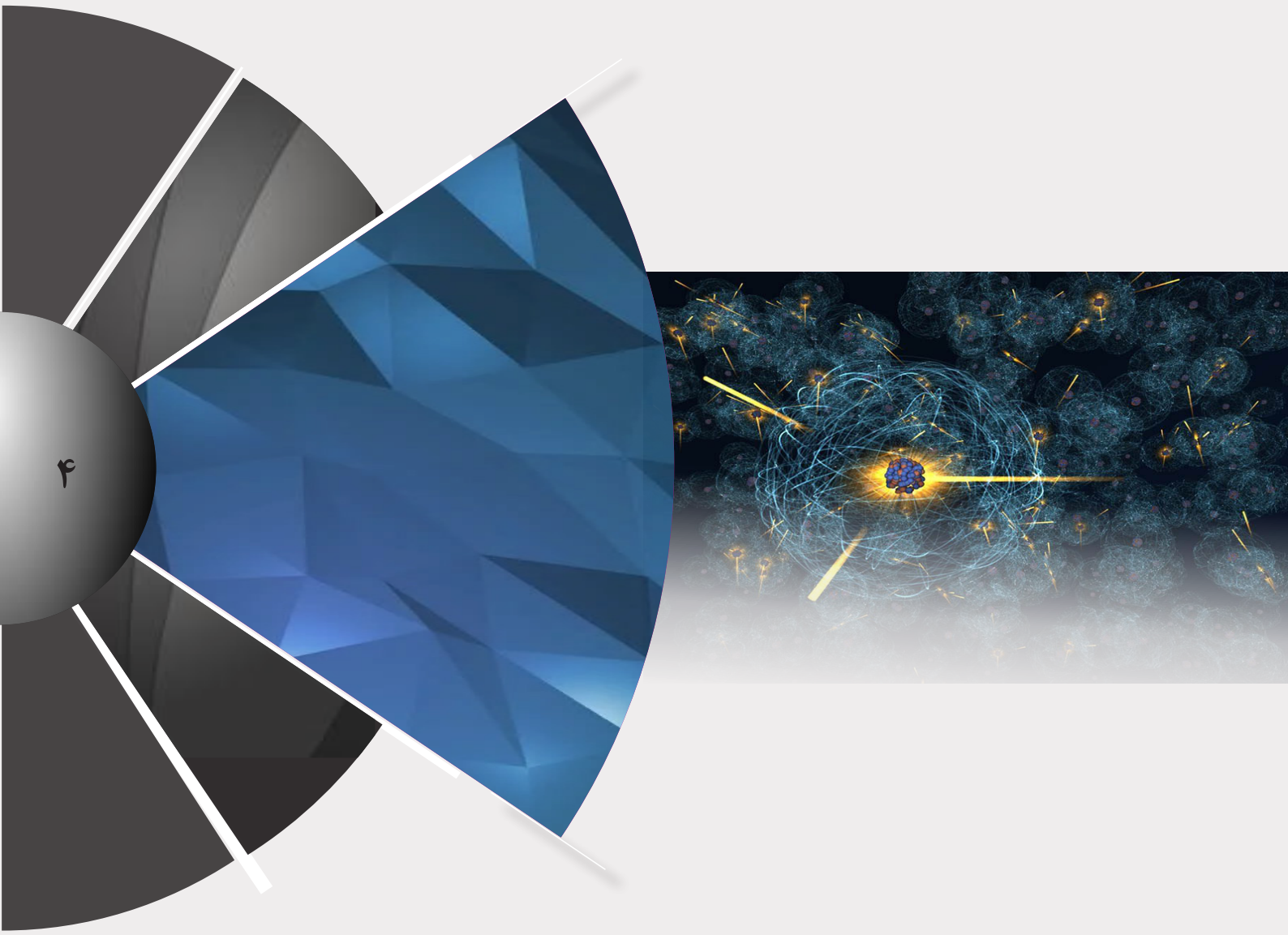
کامپیوترهای کوانتومی

با اینکه تا به امروز قدرت محاسباتی کامپیوترها رشد زیادی داشته است اما هنوز هم چالش هایی وجود دارند که ابر کامپیوترهای امروزی قادر به حل آن ها نیستند و در واقع قدرت محاسباتی کافی برای حل بعضی از مسائل روی زمین وجود ندارد. به همین علت ما به یک روش جدید محاسباتی نیاز داریم.
دانشمندان برای حل این مشکل به سراغ ساخت کامپیوترهای کوانتومی رفتند، این کامپیوترها بر اساس قوانین فیزیک کوانتوم کار می کنند. خالی از لطف نیست که بدانیم اساس کار این کامپیوترها با کامپیوترهای کلاسیک فرق می کند. در این پادکست به توضیح ساختار کامپیوترهای کوانتومی، نحوه کار آن ها، تفاوتشان با کامپیوترهای کلاسیک، چالش ها و کلی مسائل دیگر صحبت می شود.

محمد امین قاسمی

شتاب دهنده ی ذرات

در مبحث شتاب دهنده ذرات، به ذرات باردار مثل الکترون و پروتن برای هدف خاصی شتاب می دهند. علت آنکه فقط به ذرات باردار شتاب می دهند آن است که میدان الکتریکی تنها به ذره ای که دارای بار است می تواند نیرو وارد کند و این میدان عامل افزایش انرژی ذرات باردار است.
در گذشته از این فرایند در انجام آزمایش های فیزیکی و بررسی نظریه های فیزیک استفاده می شد، برای مثال آزمایش پرتو کاتودی که در دوران دبیرستان خواندیم در این دسته است.
امروزه نیز از این فرایند برای ساختن لاستیک ماشین ها و کلی صنایع دیگر استفاده می شود. در این قسمت از پادکست به توضیح علت استفاده از شتاب دهنده ها در صنایع مختلف و مزایای آن ها نسبت به روش های پیشین اشاره می شود.



محمد امین قاسمی

اسکلت های بیرونی

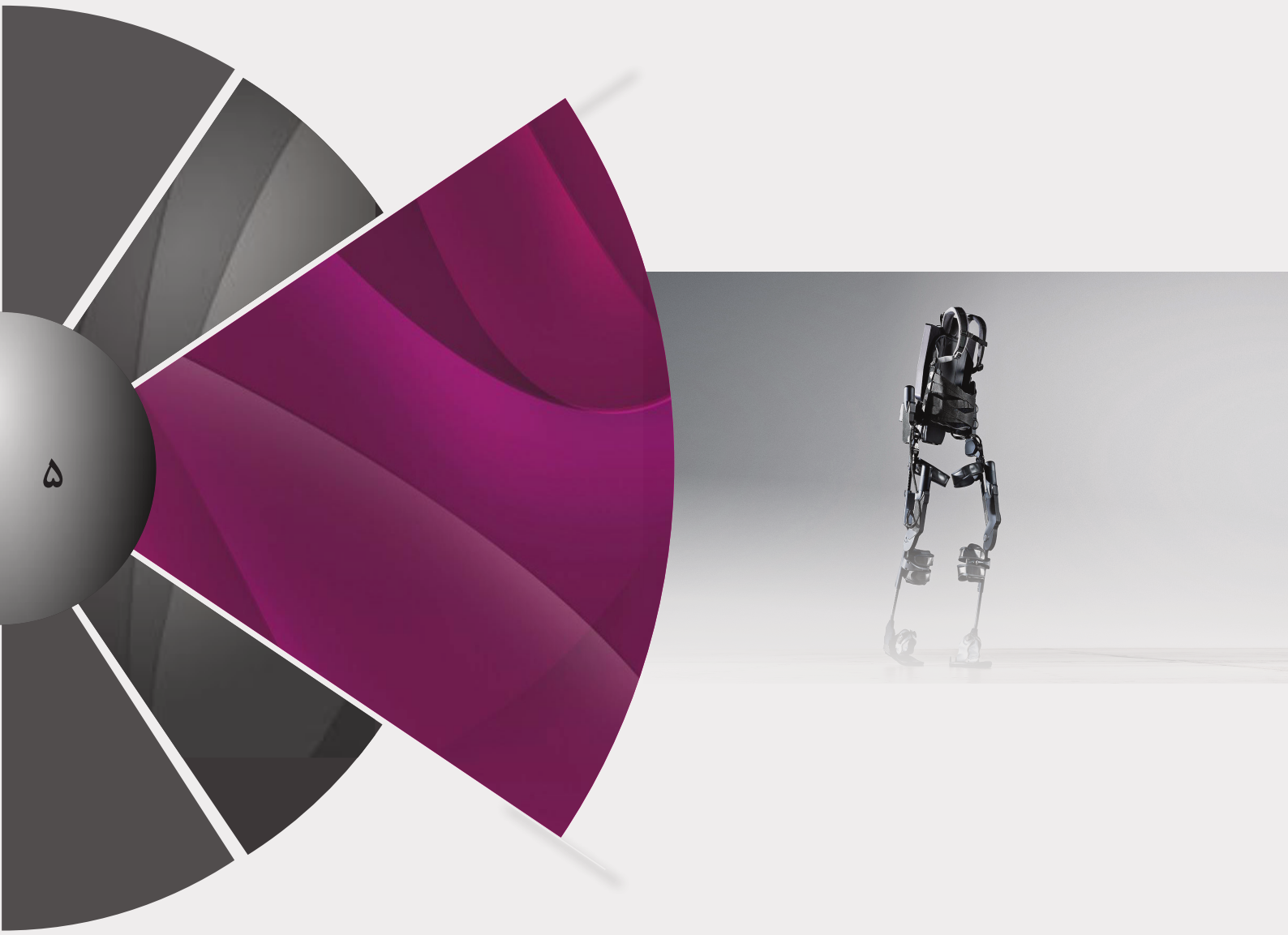
برای اینکه بتوانیم به مبحث اسکلت های بیرونی رجوع کنیم، باید بدانیم که اسکلت بیرونی خانواده ای از ربات ها هستند.

ربات چیست؟

ربات دستگاه الکترومکانیکی است که می تواند کارهای مختلفی را انجام دهد یا در انجام کاری به انسان ها کمک کند. علی الخصوص کارهایی که انجام دادن آن ها برای انسان مشکل و یا غیرممکن باشد.

در این میان استفاده از ربات ها برای توانبخشی به انسان ها، دهه ها است که مورد توجه قرار گرفته است.

اسکلت بیرونی نوعی ربات پوشیدنی است که توسط کاربر پوشیده می شود و در شاخه های توانبخشی و توان افزایی کاربردهای فراوان دارد. در این قسمت از پادکست به تاریخچه پیدایش اسکلت های بیرونی، سیستم ساخت و حرکت آن ها، کاربرد، مزایا و .. می پردازیم.



محمد امین قاسمی

فصل چهارم

مصاحبه

مصاحبه با مدیرعامل محترم اپراتور ایرانسل

دکتر بیژن عباسی آرند

مصاحبه کنندگان: محمد استوار، سکینه پاشایی

- **با سلام استاد لطفا خودتون رو معرفی بفرمایید**

بسم الله الرحمن الرحیم. سلام عرض می‌کنم. بیژن عباسی آرند، متولد ۳ مرداد سال ۱۳۵۳ هستم و در شهرستان چُرام که از توابع شهرستان گچساران، در استان کهگیلویه و بویراحمد است، متولد شدهام. دوران ابتدایی، راهنمایی و دبیرستان را در همان شهرستان بودم. برای مقطع لیسانس به شیراز رفتم و برای مقاطع بعدی به تهران آمدم.

- **از سوابق تحصیلی تان برایمان بگویید**

از دوران نوجوانی یعنی دوران راهنمایی و دبیرستان علاقه زیادی به ریاضیات داشتم و زمان انتخاب رشته، رشته مهندسی برق که از رشته‌های محبوب اکثر دانش‌آموزان بود را انتخاب کردم. مقطع کارشناسی را در رشته مهندسی برق الکترونیک در دانشگاه شیراز گذراندم. در دوره لیسانس هم دروسی که با ریاضیات بیشتر سر و کار داشت، بیشتر می‌پسندیدم. همچنین در این دوره از برگزیدگان المپیاد ریاضی، در سطح کشور شدم. برای مقاطع بعدی یعنی کارشناسی ارشد و دکترا، رشته مخابرات را به دلیل اینکه ریاضیات بیشتری داشت، انتخاب کردم و در دانشگاه تربیت مدرس ادامه تحصیل دادم. استاد راهنمای بنده در دوره کارشناسی ارشد، آقای دکتر مسعود کهریزی و در دوره دکترا **مرحوم دکتر محمد حکاک** بودند. دوره پسا دکتری را هم در دانشگاه تربیت مدرس با همکاری مرحوم دکتر حکاک بر روی یک پروژه صنعتی گذراندم. از اواسط دوره دکترا هم براساس ضرورتی که پیش آمد، در یک مجموعه صنعتی مشغول به فعالیت شدم و از آن موقع تا به امروز، این همکاری را ادامه دادم. در دوره پسا دکتری دو سال مشغول به کار در صنعت بودم و سپس با دعوت مرحوم آقای دکتر حکاک، در سال ۱۳۹۰ عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس شدم. الان هم نزدیک به ۱۰ سال است که در دانشگاه حضور دارم و دانشیار گروه مخابرات دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر هستم.

- **درباره بهترین اساتیدتون که مشوق و راهنمای شما بودند بفرمایید**

بنده به لحاظ اخلاقی خیلی تحت تاثیر استاد راهنمایم، مرحوم دکتر حکاک در دوره دکترا قرار گرفتم. دکتر حکاک چند ویژگی برجسته داشتند که کمتر استادی این ویژگی‌ها را داشت. اول اینکه بسیار بسیار متواضع، با اخلاق و مهربان بودند، انگار که نقش پدری داشتند. در برخورد با دانشجو بسیار اخلاق‌مدارانه برخورد می‌کردند. ایشان هم دانش بالایی داشتند و هم زمینه کار صنعتی بسیار خوبی داشتند. مرحوم دکتر حکاک از ابتدای ورودشان به ایران در مرکز تحقیقات مخابرات ایران مشغول به کار شدند و آزمایشگاه آنتن را در آنجا و سایت ماهواره بومهن را نیز به همراه تیمی از مرکز تحقیقات مخابرات ایران راه‌اندازی کردند. ایشان، پایه‌گذار **طراحی و ساخت ماهواره در کشور هم بودند**. بنابراین تا حد زیادی مشی زندگی‌ام بر مشی مرحوم دکتر حکاک قرار گرفت و مدیون ایشان هستم.

- **چگونگی ارتباط و آشنایی حضرتعالی با صنعت؟**

در مقطع دکترا، کار تحقیق و پژوهش مثل امروز، به واسطهٔفراگیری و در دسترس بودن اینترنت آسان نبود و برای تحقیق و پژوهش نیاز بود تا به کتابخانه‌های گوناگون رفت و وقت زیادی صرف این کار می‌شد. ضمن اینکه در آن زمان هم زیاد مرسوم نبود که دانشجویان علاوه به تحصیل، مشغول به کاری هم باشند. به همین خاطر قصد داشتم فرصت مطالعاتی به خارج از کشور بروم، اما به دلایلی نشد. بنابراین دیدم تحصیل به تنهایی من را راضی نمی‌کند و دوست داشتم کاری بیش از این انجام بدهم. از اواسط دوره دکتری، یک سری کارهای پاره وقت را شروع کردم. در ادامه هم با شخصی در صنعت آشنا شدم و پیشنهاد کار گرفتم و مشغول به فعالیت شدم. در آن دوره به دلیل مشغله‌های درس و دانشگاه، من دو یا سه روز در هفته سر کار می‌رفتم. اما به دلیل عمکرد خوبی که از نظر آن‌ها داشتم، برای تشویق و جذب بنده در آن صنعت، حقوق کامل دریافت می‌کردم. کم‌کم موقعیت‌های مدیریتی پیش آمد و ما را گرفتار کردند. همچنین آقای مرحوم دکتر حکاک از مشوقین بنده برای حضور همزمان در صنعت و دانشگاه بودند. در دوره کوتاهی با ایشان در مرکز تحقیقات مخابرات ایران بر روی پروژه‌هایی که داشتند، همکاری کردم.

- **به علت خاصی حضور همزمان در صنعت و دانشگاه را به عنوان شغل انتخاب کردید؟**

خب من تدریس را خیلی دوست دارم و سعی می‌کنم در کلاس با حرارت و انرژی درس بدهم. و همچنین کار تحقیق و پژوهش هم باعث می‌شود که آدم به روز باشد. اما من کار تدریس و تربیت دانشجو را به تنهایی کافی نمی‌دانم. حس می‌کنم اگر انسان‌ها تجربه‌ای دارند باید به کمک آن، معضلی از کشور و مردم را حل کنند. خدا توفیق داد، در مدتی که در صنعت حضور داشتم، توانستم کارهای خوبی را برای مردم و کشور انجام دهم. در دانشگاه هم سعی کردم این مسیر را ادامه بدهم. یعنی دانشجوها را به سمت پروژه‌هایی سوق بدهم که با صنعت هم درگیر باشد، هر چند که گاهی آیین‌نامه‌های وزارت علوم دست و پای ما را می‌بندد. مزیت دیگر حضور همزمان در دانشگاه و صنعت این است که می‌توان پل ارتباطی بین این دو حوزه ایجاد کرد. یکی از مشکلات کشور ما جدایی صنعت و دانشگاه است. الان دانشگاه و صنعت هر کدام مسیر خودشان را می‌روند و اساتیدی می‌توانند سبب پیوند این دو حوزه بشوند که در هر دو حضور داشته باشند. یعنی هم محیط و مسائل دانشگاه را بشناسند و هم مشکلات و چالش‌های صنعت را. این آشنایی چه در ارائه دروس به زبانی که کاربردی‌تر باشد و چه در شناسایی نیازهای صنعت در غالب تعریف پروژه و پایان‌نامه برای دانشجویان می‌توانند راهگشا باشد. در

مدتی که بنده در دانشگاه حضور داشتم، بیش از ۲۰ قرارداد بین دانشگاه و صنعت تنظیم شد. تعدادی از اساتید و دانشجویان درگیر این کارهای صنعتی شدند و بعضا هم دانشجویان جذب صنعت شدند. **به نظر من، رسالت ما اساتید دانشگاه، علاوه بر آموزش و تربیت دانشجویان، باید حل بخشی از مشکلات و نیازهای صنعت و کشور در حد توان‌مان باشد.** در تمام دنیا اساتید بر حسب پروژه‌هایی که دارند، می‌توانند دانشجو بگیرند. یعنی اگر استادی پروژه نداشته باشد، نمی‌تواند دانشجو بگیرد. خب این کار باعث قویتر شدن ارتباط صنعت و دانشگاه، و پیشرفت علم و فناوری می‌شود. اما در دانشگاه و صنعت ما، روال کار به این صورت نیست. اساتیدی به صورت انفرادی به دنبال این ارتباط هستند، اما این روال آیین‌نامه‌ها و ساختارهای وزارت علوم نیست.

- **با توجه به حضور پر رنگ حضر تعالی در بخش‌های مختلف دانشگاه و صنعت چرا صنعت و دانشگاه مسیرهای جداگانه‌ای دارند؟ و به نظر شما راه برون رفت از این چالش بزرگ چیست؟**

ما رسالت دانشگاه را حل مسائل جامعه قرار ندادیم. الان نه برای دانشگاه، نه برای دانشکده، و نه برای عضو هیئت علمی، حل یک معضل، رسالت نیست. رسالت در دانشگاه‌ها تا حد زیادی، تدوین مقالات ISI شده است. این کار به نوبه خودش کار خوب و ارزشمندی است. اما برای کشور ما در حال حاضر به تنهایی مفید نیست. اساتید دانشگاه‌های خارج را ببینید، به ندرت مقاله می‌نویسند. این تب نوشتن مقالات باعث شده که از حوزه‌های دیگر عقب بیافتیم. بنابراین رسالت دانشگاه باید تغییر کند. حداقلش آن است که بخشی از رسالت دانشگاه، حل بخشی از مشکلات و معضلات جامعه شود. منظور از جامعه در حوزه فنی، صنعت است. در حوزه علوم انسانی، اقتصاد و مسائلی مثل مسئله محیط زیست و مسئله‌های اجتماعی و مسائل دیگر است. بخشی از رسالت دانشگاه باید حل معضلات جامعه شود و باید برای آن سیاست‌گذاری شود. برای مثال قرار نیست همه اعضای هیئت علمی به واسطه مقالات ISI ارتقا پیدا کنند. برخی باید به واسطه کار پژوهشی، برخی هم به واسطه کار آموزشی و برخی دیگر هم به واسطه کار صنعتی ارتقا یابند. البته در یکی دو سال اخیر، آیین‌نامه‌های ارتقای اساتید تغییر کرده و جذابیت‌هایی ایجاد کرده، اما کافی نیست.

از طرف دیگر، صنعت هم دچار مسائل جاری خودش است و حتی دانشگاه پیشرو ما هم اگر به مسائل صنعت فکر می‌کند، به مسائل ۱۰ سال آینده صنعت فکر می‌کند. یعنی **صنعت و دانشگاه همگام نیستند.** برای مثال چرا صنعت خودرو ما نوآوری ندارد؟ خب صنعت که دنبال تولید خود است و اصلا به تحقیق و توسعه فکر نمی‌کند، دانشگاه هم که اصلا به این فکرها نیست، یعنی در رسالتش دیده نشده است. بنابراین ما همیشه در بخشی از حوزه‌های صنعت مسئله داریم و دانشگاه هم مسیر خودش را می‌رود. راه حل این است که در رسالت دانشگاه، حل معضلات صنعت را ببینیم. حال این معضلات دو دسته‌اند، یکی حل مسائل جاری صنعت که عموما مقاله‌ای از آن در نمی‌آید ولی مشکل جاری صنعت را حل می‌کند و دیگری پیشبینی و حل مسائل آتی صنعت.

- **افراد زیادی بر این باورند که این عدم ارتباط از طرف صنعت است، در حالی که خیلی اساتید، دانشجویان را محدود به کارهای آکادمیک و نوشتن مقاله می‌کنند. نظر شما در این رابطه چیست؟**

ببینید همانطور که عرض کردم، مشکل از سیاست‌های بالادستی است. سیاست‌هایی که در وزارت علوم تدوین شده است، سبب رفتن اساتید به این سمت و سو می‌شود. برای مثال به استاد می‌گویند که بهتر است شما درسات را بدهی و چند مقاله بدهی تا سابقه آموزشی و پژوهشی‌ات به منظور ارتقا، پر شود. و اگر استاد یکی دو سال مقاله ندهد، می‌گویند که شما رکود علمی پیدا کرده‌اید. خب کاملا مشخص می‌شود که چرا استاد به این سمت می‌رود. اصلا با چه انگیزه‌ای به صنعت ورود کند!!!؟ بنابراین تا ساختارها و آیین‌نامه‌ها تغییر نکنند و اصلاح نشوند، وضعیت همین است.

- **به نظر شما چرا این رویه‌ها اصلاح نمی‌شود؟**

اولا اصولا تغییر سخت است. ثانیا ما به **یک جراحی در ساختارها و آیین‌نامه‌ها،** مخصوصا در مقاطع تحصیلات تکمیلی نیاز داریم. چرا که در مقطع کارشناسی، تب مدرک‌گرایی بالا است. اما در مقاطع تحصیلات تکمیلی بیشتر فرآیند، تحقیق و حل مسئله است. این جراحی باید زودتر انجام شود.

- **این سوال مطرح است که استادی که خود مهندس نیست، چگونه می‌تواند دانشجوی‌مهندس‌تربیت‌کند؟**

بله این یک واقعیتی است. کسی که یک PCB از نزدیک ندیده باشد، برداشتی از مساله و چگونگی حل مساله نخواهد داشت. بنابراین چه فرقی میان علوم مهندسی و علوم پایه خواهد بود!!!؟ من حتی فکر می‌کنم در حوزه‌های دیگر همچون علوم انسانی هم همین طور است. برای مثال یک استاد علوم اقتصادی تا با مساله عملی از اقتصاد روبرو نبوده است، چگونه می‌خواهد اقتصاددان تربیت کند!!!؟ و الا با صرف پرداختن به نظریه‌های مختلف اقتصادی، مشکلی حل نمی‌شود. اینها را به دانشجویانشان می‌گویند و آن‌ها نیز به نسل بعد از خود منتقل می‌کنند.

- **به نظر شما جذب دانشجو به**

صورت بورسیه می‌توانند به حل این مسئله کمک کند؟

بله، عرض کردم. باید سیاست‌های بالادستی وزارت علوم، مثل سیاست‌های جذب دانشجو، سیاست‌های ارتقای اساتید، سیاست‌های تعریف پروژه، پایان‌نامه و رساله تغییر کند.

- **سال گذشته مسابقه‌ای مسئله محور در کشور برگزار شد که در آن شرکت‌ها مسائل‌شان را مطرح می‌کردند و دانشجو براساس علاقمندی خود یک مسئله را به عنوان پروژه خود تعریف می‌کرد. در نهایت هم یک مقاله از آن در آمد، یک معضل اقتصادی حل شد و برخی از شرکت‌کنندگان جذب در شرکت‌ها شدند. حال سوال این است که چطور یک موسسه نوپا که توسط تعدادی دانشجو اداره می‌شود توانایی چنین کار مفید و ارزشمندی را دارد ولی دانشگاه‌های ما با این همه هزینه، کار خاصی نمی کنند ؟**

ببینید الان دانشگاه، یک نهاد بروکراتیک شده است. یعنی یک هیئت رئیسه‌ای هست، بعد قسمت اداری دانشگاه‌ست، بعد دانشکده، بعد گروه‌هاست. از قبل هم یک سری دروس تعریف شده و یکی سری هم پایان‌نامه و رساله. به استاد می‌گویند یک سری کارها را باید انجام بدهی و یک سری کارهای دیگر را انجام ندهی. تا این رویه‌ها اصلاح نشود، همانطور که اشاره کردید، کار خاصی انجام نخواهد شد. مشکل اینجاست که اراده‌ی کمی هم در این زمینه وجود دارد. اصلاح نیاز است و دانشگاه‌ها با توجه به هزینه‌های سرسام آورشان لاجرم به این سمت خواهند رفت.

- **آقای دکتر از طرفی صنعت هم پروژه‌ای به دانشگاه نمی‌سپارد و کار دانشگاه را قبول ندارد. آیا با این نظر موافقید؟**

من فکر می‌کنم پذیرش از طرف صنعت خیلی بیشتر از دانشگاه است. مثلا الان یک تیمی از اساتید دانشگاه به یک صنعت بروند، از آنها استقبال می‌شود و چه بسا مسائل کلی‌شان هم برای آن‌ها تبیین شود. و به آن‌ها گفته شود برای این مسائل، طرحی از طرف دانشگاه داده شود. بعید می‌دونم از هر ۱۰ تا طرح، یک طرح مورد پذیرش دانشگاه قرار گیرد. این را به این دلیل می‌گویم که با صنعت آشنایی خوبی دارم. اما اگر دانشگاه فکر کند که اینجا بنشیند و صنعت مسائل خود را شسته رُفته روی میز دانشگاه بگذارد، اینطوری ارتباط صنعت و دانشگاه شکل نمی‌گیرد. دانشگاه هم باید بلاخره یک حرکتی کند.

- **استاد در رابطه مشکل صنعت و دانشگاه میشه یه جمع‌بندی از صحبتاتون بفرمایید؟**

اولویت اول برای صنعت، حل مسائل جاری خودش و در مرحله بعد، مسائل آتی است. در رسالت دانشگاه هم، حل مسائل جاری صنعت دیده نشده است و وظیفه آن تحقیق و پژوهشی است که حل مسائل دو نسل بعد صنعت را در بر می‌گیرد. از این جا، علت جدایی دو حوزه صنعت و دانشگاه مشخص می‌شود و راه برون رفت از این مشکل، اصلاح سیاست‌های فعلی وزارت علوم در بخش‌های مختلف آموزشی و پژوهشی است.

البته من این نکته را عرض کنم که با وجود شکاف ساختاری که بین صنعت و دانشگاه است، برخی دانشگاه‌ها همچون دانشگاه صنعتی شریف با ایجاد مراکز رشد، پژوهشکده‌ها، پارک‌های علم و فناوری و شرکت‌های دانش‌بنیان، سعی در ایجاد ارتباط اساتید و دانشجویان با صنعت از کانال آن‌ها کرد. به نظرم دانشگاه شریف در پر کردن شکاف بین صنعت و دانشگاه، از بقیه دانشگاه‌ها موفق‌تر بوده است. همچنین دانشگاه صنعتی اصفهان. مدل‌های موفق گلخانه‌ای به این صورت داریم که ناشی از دغدغه و اعتقاد شخصی افراد در دانشگاه بوده است. ولی یک ساختار نظام‌مند در آیین‌نامه‌های وزارت علوم به صورتی که انتظار می‌رود، در این زمینه وجود ندارد.

- **ارزیابی شما از شرایط آموزشی و پژوهشی کشور از گذشته تا به امروز به چه صورت است؟**

من معتقدم که دانشجویان خوبی داریم. یعنی پتانسیل نیروی انسانی خوبی وجود دارد و سیستم آموزشی ما هم برای آموزش آکادمیک خوب است. اما نظام آموزشی ما، افراد را براساس نیازهای شغلی جامعه آماده نمی‌کند. این مشکلی است که از گذشته تا به امروز تغییر زیادی نداشته است. مثالی را خدمتتون عرض می‌کنم. ما در بخشی از صنعت دنبال جوش‌کار متناسب با آن کار بودیم، هر چقدر گشتیم پیدا نشد!!!؟ چقدر دانشگاه‌ها در همین زمینه ساده وقت می‌گذارند!!!؟. یا در یک پروژه که خود من هم شاهد بودم، برد RF در خط تولید لحیم می‌شد ولی کار نمی‌کرد. بعد از ارزیابی‌ها و بررسی‌ها مشخص شد که اشکال کار، در لحیم‌کاری برد RF است. لحیم‌کارها و مونتاژکارها خوب بودند، اما در حوزه RF متخصص نبودند. گشتیم و یک نفر متخصص در مونتاژکاری RF پیدا کردیم. حال این لحیم‌کاری و مونتاژکاری RF در کدام دانشگاه درس داده می‌شود!!!؟ بنابراین نظام آموزشی ما براساس نیازهای شغلی جامعه، افراد را آماده نمی‌کند. در حالی که در دنیا، این درس‌ها داده می‌شود.

- **ارزیابی شما از شرایط صنعت کشور از گذشته تا به امروز به چه صورت است؟**

خب حوزه صنعت خیلی متنوع است. قبل از انقلاب، در بخشی از صنعت وابسته و مونتاژکار بودیم و خیلی

کارهـای دانشـی نمی‌کردیـم. بعـد از انقـلاب، در بعضـی از حوزه‌هـای صنعتـی خیلـی پیشـرفت کردیـم و در بعضـی هـم نـه. مثـلا در صنعـت نفـت و پتروشـیمی، اوایـل انقـلاب و در زمـان جنـگ کامـلا وابسـته بودیـم، امـا امـروز در ایـن زمینـه، وابسـتگی خیلـی کمتـر از گذشـته شـده اسـت. یـا در صنعـت خـودرو بـه نظـرم در پایین‌تریـن سـطح از خلاقیـت و نـوآوری هسـتیم. متأسـفانه در شـرایط عـادی، هـر جـا تولیـد باشـد، متولیـان آن صنعـت بـه دنبـال فـروش روزانـه، فـروش ماهانـه و فـروش سـالانه هسـتند و اصـلا فرصتـی بـرای تحقیـق و پژوهـش فراهـم نیسـت. بـه خصـوص آن کـه قطعـات هـم بـه راحتـی از خـارج وارد می‌شـود. حـالا اگـر مشـکل ارز پیـش بیایـد یـا تحریـم صـورت بگیـرد، بـه ناچـار می‌آینـد و تحقیـق و توسـعه انجـام می‌دهنـد و ایـن اصـلا مطلـوب نیسـت. صنعـت بایـد پیـش از ایـن محدودیت‌هـا، خـودش ایـن کارهـا را انجـام مـی‌داد.

- **در کنـار شـغل شـریفتون، چـه سـرگرمی‌هایی بـرای اوقـات فراغتتـون داریـد؟**

ورزش را خیلـی دوسـت دارم. خیلـی دوسـت دارم فوتبـال بـازی کنـم. بـه کوهنـوردی خیلـی علاقمنـدم، هـر چنـد کـه کمتـر وقـت می‌کنـم کـه بـروم. گـردش در طبیعـت را هـم خیلـی دوسـت دارم. هـر از گاهـی از ایـن کارهـا می‌کنـم.

- **از تجربـه حضورتـون در ایرانسـل میشـه بفرماییـد؟**

بعـد از چندیـن سـال حضـور در صنعـت، بـه تهـران آمـدم و حقیقتـا علاقـه‌ای بـه ادامـه کارهـای اجرایـی نداشـتم. شـاید تصـورش سـخت باشـد، مـن هفتـه‌ای دو بـار بـرای ایـن منظـور بـه شـیراز می‌رفتـم. بـه همیـن دلیـل بعـد از آمدنـم بـه تهـران، بیشـتر علاقمنـد بـودم کـه در دانشـگاه باشـم و دنبـال خواسـته‌های وزارت علـوم یعنـی مقالـه نویسـی بـروم (بـا خنـده). مـن در ایـن بیـن، خاطـره جالبـی خدمتتـان عـرض کنـم. در پرونـده تبدیـل وضعیـت، بـه مـن گفتنـد کـه سـوابق اجرایـی شـما کـم اسـت (بـا خنـده). چـون مدیـر گـروه نبـودم، می‌گفتنـد سـوابق اجرایـی نـداری، و ۱۰ سـال سـابقه مدیریتـی بنـده در صنعـت دیـده نشـد (بـا خنـده). خـب کمـی بعدتـر هـم مدیرعامـل ایرانسـل بازنشسـته شـد و در بیـن افـرادی کـه بودنـد، بـه بنـده پیشـنهاد حضـور در ایرانسـل دادنـد. تجربـه حضـورم در ایرانسـل متفاوت‌تـر از حضـور گذشـته‌ام در صنعـت بـود. زیـرا ایرانسـل یـک اپراتـور ارتباطـی اسـت کـه بیشـتر درگیـر مسـائل جدیـد و تجـاری اسـت. بـه نظـرم ایرانسـل یـک الگـوی خـوب و موفـق بـرای کشـور در زمینـه همـکاری مشـترک سـرمایه‌گذاران داخلـی و خارجـی اسـت. ایرانسـل تقریبـا ۱۴، ۱۵ سـال پیـش آمـد. آن موقـع قیمـت سـیم‌کارت روی یـک میلیـون، ۲ میلیـون و حتـی ۵ میلیـون تومـان بـود، کـه بـا ایـن پـول می‌شـد در شهرسـتان‌ها خانـه خریـد. بـا حضـور ایرانسـل و ایجـاد فضـای رقابتـی، ایـن قیمت‌هـا بـه شـدت شکسـته شـد و سـیم کارت از یـک کالای لوکـس و سـرمایه‌ای تبدیـل بـه یـک کالای مصرفـی بـرای عمـوم مـردم شـد. ایرانسـل بـرای اولیـن بـار اینترنـت 3G را پـس از رفـع انحصـار، در سراسـر کشـور توسـعه داد و شـبکه 4G را هـم بـرای اولیـن بـار در ایـران عرضـه کـرد. ایـن پیشـگامی در ارائـه نسـل پنجـم یـا 5G هـم حفـظ شـده اسـت و بـا راه‌انـدازی سـایت‌های 5G ایرانسـل در برخـی شـهرهای ایـران، اگـر شـما گوشـی نسـل پنجـم داشـته باشـید، می‌توانیـد از آن اسـتفاده کنیـد. یکـی از سـایت‌های نسـل پنـج ایرانسـل، آبـان مـاه سـال ۱۳۹۹، در فضـای بـاز همیـن دانشـگاه تربیـت مـدرس راه‌انـدازی شـد.

- **اسـتاد فرمودیـن بـا حضـور ایرانسـل انحصـار شکسـته شـد. ایـن کار باعـث شـد کـه هـم ایرانسـل و همـراه‌اول پیشـرفت کننـد و هـم مـردم نفـع بیشـتری ببرنـد. سـوال ایـن اسـت کـه چـرا مـا در صنایـع دیگـر اینگونـه نیسـتیم. بـرای مثـال بعـد از ایـن همـه سـال گوشـی و یـا لپ‌تـاپ تولیـد داخـل نداریـم؟**

در صنعـت ICT مـا خیلـی وابسـته هسـتیم. نـه تنهـا مـواردی کـه گفتیـد را نداریـم، بلکـه همیـن آنتـن روی پشـت‌بام را هـم نداریـم یـا مودم‌هـای اینترنـت را هـم کـه تکنولـوژی پایینـی دارنـد، نداریـم. علـت ایـن اسـت کـه سیاسـت‌گذاری و سـرمایه‌گذاری نشـده اسـت. مـا وقتـی از تولیـد صحبـت می‌کنیـم دو مسـاله بـرای تولیـد مطـرح اسـت، یکـی امکان‌پذیـر بـودن آن و دیگـری امـکان رقابـت بـا برندهـای دیگـر اسـت. بـرای مثـال گوشـی، بـه نظـرم تـا حـدی تکنولـوژی آن در کشـور وجـود دارد و اگـر در تیـراژ بـالا تولیـد شـود، امـکان رقابتـش بـا دیگـر برندهـا هـم فراهـم می‌شـود. البتـه سیاسـت‌های حمایتـی هـم لازم اسـت. بـرای مثـال بایـد تعرفه‌هـای وزارت صمـت در گمـرک اصـلاح شـوند. همچنیـن ایـن کار اراده‌ای قـوی می‌خواهـد. ببینیـد یـک زمانـی بـا موافقـت وزیـر وقـت صنعـت، خـط تولیـد گوشـی موبایـل GLX در شـیراز و خرمشـهر راه‌انـدازی شـد. شـیرازی‌ها بـا حمایـت وزیـر وقـت، ماشـین آلات آوردنـد و خرمشـهری‌ها، قطعـات را وارد و گوشـی را تولیـد و بسـته‌بندی می‌کردنـد. یعنـی خـط تولیـد نداشـت. خرمشـهری‌ها کارشـان گرفـت. بـا عـوض شـدن وزیـر هـم، از خـط تولیـد شـیراز یـک گوشـی هـم در نیامـد. از ایـن نمونه‌هـا زیـاد اسـت و ایـن سـاختارهای فعلـی بایـد اصـلاح شـود.

- **آقـای دکتـر ایرانسـل در آینـده بـه کـدام سـمت حرکـت خواهـد کـرد؟**

در سـه چهـار سـال آینـده، بحـث 5G بـرای اپراتورهـا مطـرح اسـت. همچنیـن اخیـرا بحـث اینترنـت ماهـواره‌ای مطـرح شـده اسـت. وظیفـه اپراتورهـا سیاسـت‌گذاری در راسـتای افزایـش خدمـات بـه مشترکان‌شـان اسـت. کـه احتمـالا بابـت همیـن، حـق اشـتراکی را از مشـترکان دریافـت خواهنـد کـرد. در مـورد اینترنـت اشـیا هـم اپراتورهـا تقریبـا زیرسـاخت‌های لازم را فراهـم کرده‌انـد، امـا از طـرف صنعـت هنـوز بـه ایـن مسـاله توجهـی نمی‌شـود یـا جذابیتـی برایشـان نـدارد.

- **برای حسن ختام چه توصیه علمی و اجتماعی برای دانشجویان دارید؟**

من به دانشجویان توصیه می‌کنم که در دوران دانشجویی، حتی اگر مشغول کاری هم می‌شوند، اولویت تمرکزشان روی درس باشد. اگر دانشجو در این فرصت زمینه علمی خودش را قوی نکند، در آینده دچار مشکل خواهد شد و اصلاح این وضعیت در آن زمان دشوار خواهد بود. همچنین در موضوعات علمی که علاقمند هستند، به روز باشند، مقالات را بخوانند و تحولات علم و تکنولوژی را در دنیا رصد کنند. فکر می‌کنم اگر موضوع پژوهشی که دانشجویان انتخاب می‌کنند، کاربردی‌تر باشد، در آینده راه ورودشان به صنعت و جامعه را هموارتر خواهد کرد. فرصت جوانی، خیلی فرصت خوبی است، کسانی در این دوره فرصت‌سوزی کردند در آینده به این روزها غبطه خواهند خورد که چرا من این فرصت را از دست دادم.

فصل پنجم

معرفی انجمن

معرفی افراد

دکتر سجاد ازگلی

- عضو هیئت علمی مهندسی برق کنترل
- مدیر گروه مهندسی کنترل
- رئیس سابق کمیته‌ی توسعه عضویت بخش ایران IEEE
- مشاور انجمن علمی مهندسی برق و کامپیوتر

دکترمهدی عروجی

- عضو هیئت علمی مهندسی پزشکی (بیو الکتریک)
- مدیر گروه مهندسی پزشکی
- استاد مدعو دانشگاه کالیفرنیا Davis
- مشاور شاخه IEEE دانشگاه تربیت مدرس

بشیر فعله گری

- رئیس شاخه دانشجویی IEEE دانشگاه تربیت مدرس، عضو سابق کمیته‌ی توسعه عضویت و عضو کمیته‌ی حرفه‌ای‌های جوان بخش ایران IEEE
- موسس، مدیر مسئول و سردبیر نشریه برقکام
- دبیر دبیران انجمن‌های علمی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
- عضو شورای ناظر بر نشریات دانشجویی دانشگاه تربیت مدرس

سکینه پاشایی

- دبیر انجمن علمی مهندسی برق و کامپیوتر
- رئیس کمیته‌ی آموزش شاخه IEEE دانشگاه تربیت مدرس
- مدیر داخلی نشریه برقکام

مینا عکرش

- سردبیر نشریه علمی تخصصی برقکام
- رئیس کمیته‌ی‌حرفه‌ای‌های جوان شاخه IEEE تربیت مدرس
- نایب دبیر انجمن علمی مهندسی برق و کامپیوتر

مرضیه خلیلی

- عضو شورای مرکزی انجمن علمی مهندسی برق وکامپیوتر
- عضو فعال شاخه IEEE دانشگاه تربیت مدرس
- طراح

مرضیه ثابت

- عضو شورای مرکزی انجمن علمی مهندسی برق وکامپیوتر
- عضو فعال شاخه IEEE دانشگاه تربیت مدرس
- ویراستار

محمد استوار

- دبیر شاخه IEEE دانشگاه تربیت مدرس

در این فصل قصد داریم مواردی همچون معرفی انجمن های علمی فرهنگی و علمی تخصصی ، فعالیت های انجام شده، افتخارات و گالری انجمن بپردازیم.

انجمن علمی دانشجویی مهندسی برق و کامپیوتر

معرفی افراد انجمن علمی

تیم محترم انجمن علمی داشنجویی مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس که فعالیت های خود را در سال ۱۴۰۰ با قدرت و روحیه داوطلبانه شروع کرده است درصفحه قبل آورده شده است. از جمله دیگر انجمن های مطرح در سطح کشور که فعالیت های خود را همراه با شعار جهانی پیشرفت تکنولوژی در جهت بهبود زندگی بشر انجام می دهد انجمن مهندسین برق و الکترونیک یا به اختصار IEEE شاخه دانشجویی دانشگاه تربیت مدرس می باشد. فعالیتهای انجمن نامبرده در سطح دانشگاه همکاری همه جانبه با انجمن علمی دانشجویی مهندسی برق و کامپیوتر، در سطح کشور همکاری با دیگر شاخه‌های IEEE کشور و در سطح بین الملل همکاری با شاخه-های دانشجویی IEEE کشور ترکیه، همراهی با بخش ایران جهت برگزاری سلسله وبینارهای بین المللی، برگزاری رویداد جهانی IEEE_Day و مسابقات جهانی برنامه نویسی تحت عنوان IEEEXterem می باشد.

یکی از محورهای شاخه IEEE دانشگاه تربیت مدرس عضویت در کمیته های فعال بخش ایران از جمله کمیته توسعه عضویت، کمیته حرفه-های جوان و کمیته فعالیت های دانشجویی می باشد که توانسته اند خدمات ارزندهای در سطح کشور با حمایت IEEE بخش ایران ارائه دهند.

فعالیت های انجام شده توسط انجمن های علمی دانشجویی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس:

شرکت در جشنواره بین المللی حرکت و کسب رتبه نخست مرحله داخلی و کسب رتبه دوم در مرحله کشوری

برگزاری دورههای آموزش نرمافزارهای مهندسی جهت تامین نیاز آموزشی نرم افزار دانشجویان دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

برگزاری سمینارهای مطرح با حضور اساتید برجسته

همکاری اعضای IEEE دانشگاه تربیت مدرس در برگزاری سلسله وبینارهای بین المللی بخش ایران

همکاری با دیگر شاخه هایIEEE و سازمان های مرتبط

نماینده دانشگاه تربیت مدرس در برگزاری و هماهنگی طرح ملی ره نشان تحت نظارت بنیاد ملی نخبگان

عضویت در کمیته های IEEE بخش ایران

فعالیت اعضای شاخه در کمیته توسعه عضویت

فعالیت اعضای شاخه در کمیته جوانان حرفه ای

فعالیت اعضای شاخه در کمیته روابط عمومی

برگزاری سمینارها

سمینار انرژی های تجدید پذیر با حضور پروفسور مخلیف و دکتر یزدیان دبیر IEEE وقت بخش ایران در دانشگاه تربیت مدرس

Millimetre Wave Large Intelligent Surface for 6G Application با حضور دکتر محسن خلیلی استادیار دانشگاه surrey انگلستان

دوره های اموزشی و کارگاه ها

یادگیری ماشین

زبان برنامه نویسی پایتون

کنترل ریزشبکه ها

میکرو کنترلر آرم

مونتاژ و دومونتاژ قطعات الکتریکی

آشنایی با سکوهای پردازش توزیع شده داده های جریانی در محیط های کلان داده ها

یادگیری ماشین و عمیق با رویکرد بهینه سازی

کاربرد لینوکس در سیستم های نهفته

آموزش نوشتن نگارش پایان نامه و مقاله در وورد

آموزش انلاین آردوینو

لذت شبیه سازی با HFSS

متلب مقدماتی

متلب متوسط

نرم افزار Latex

بازدید ها

پژوهشکده علوم شناختی پژوهشگاه دانش های بنیادی(IPM)

شتابگر خطی الکترون پژوهشگاه دانش های بنیادی

همکاری با نهاد علمی ریاست جمهوری در برگزاری نهمین نمایشگاه بین المللی نوآوری و فناوری INOTEX

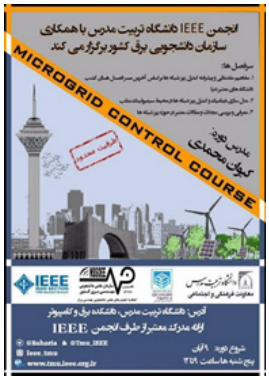
تولید پادکست

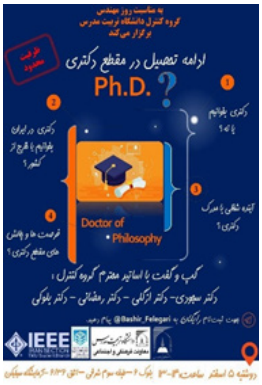
قراردادن اطلاعیه های جذب نیرو کار و امریه سربازی در شبکه های اجتماعی و سایت رسمی انجمن

حضور در نشست های کشوری IEEE **بخش ایران**

گزارش تصویری و پوسترهای طرح شده جهت تبلیغ رویدادها:

برگزاری دوره های آموزشی





برگزاری سمینارها

برگزاری وبینارها

همکاری با IEEE بخش ایران در برگزاری سلسله وبینارهای بین المللی بخش در سال ۲۰۲۰

معرفی کتاب

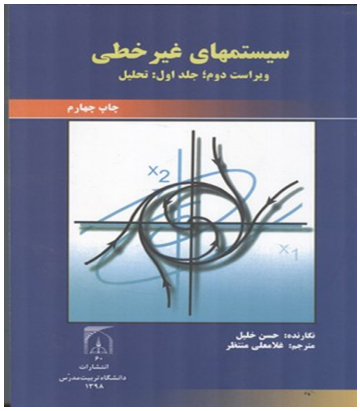
عنوان: کنترل تطبیقی

مولف: کارل جان آستروم

مترجم: محمد تقی حمیدی بهشتی

در کتاب کنترل ایده های اساسی کنترل تطبیقی مطرح شده و روش های مختلف آن را با یکدیگر مقایسه می کند.

در ادامه مسائل عملی مانند پیاده سازی و کاربردهای کنترل تطبیقی به طور عمیق مطرح می شوند. این موارد در درک فواید و معایب کنترل تطبیقی بسیار مهم می باشد.



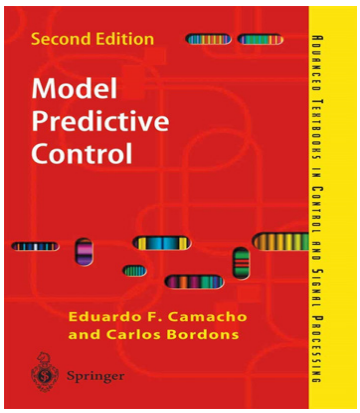
عنوان: سیستم های غیر خطی

مولف: حسن خلیل

مترجم: غلامعلی منتظر

کتاب دکتر حسن خلیل با بهره گیری از زبانی ساده و البته استفاده از ریاضیات کامل به تشریح سیستم های غیرخطی می پردازد و عمدتا تمامی روش های طراحی کنترل کننده غیرخطی را تشریح می کند. این کتاب می تواند برای تمامی دانشجویان برق کنترل که در دوره ارشد مشغول می باشند مفید باشد و البته آشنایی با آن برای دانشجویان مکاترونیک که با سیستم های غیرخطی در پایان نامه یا دوره تحصیلی خود برخورد می کنند نیز ضروری است.

کتاب سیستم غیر خطی خلیل در دو جلد ترجمه شده است به این صورت که ۹ فصل اول در جلد اول (تحلیل) و پنج فصل آخر (۹ تا ۱۳) در جلد دوم (طراحی و کنترل) قرار دارد.



عنوان: Model Predictive Control

مولف: Camacho and Bordons

از نیروگاه ها گرفته تا تصفیه قند ، طرحهای کنترل پیش بینی کننده (MPC) خود را به عنوان استراتژیهای کنترل ترجیحی برای طیف وسیعی از فرایندها تثبیت کرده اند. ویرایش دوم مدل کنترل پیش بینی کننده ، مقدمه ای کامل بر جنبه های نظری و عملی متداول ترین استراتژی های MPC ارائه می دهد.. مدل پیش بینی کنترل نشان می دهد که یک تکنیک قوی همیشه به الگوریتم های پیچیده کنترلی نیاز ندارد. متن دارای مطالبی در زمینه موضوعات زیر است:

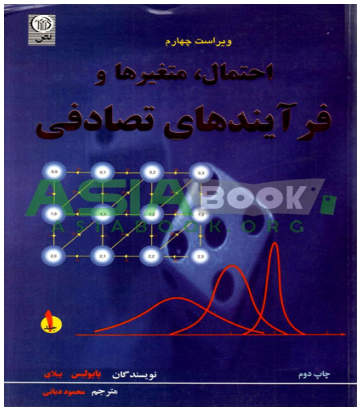
المان ها و الگوریتم های کلی MPC ؛طرح های تجاری MPC ؛کنترل پیش بینی عمومیMPC چند متغیره ، مقاوم ، محدود و غیر خطی ؛روشهای سریع برای پیاده سازی MPC ؛ برنامه های کاربردی.

عنوان: مبانی میکروالکترونیک

مولف: بهزاد رضوی

کتاب میکروالکترونیک بهزاد رضوی (Fundamentals of Microelectronics) یکی از مهم ترین مراجع درس الکترونیک میباشد که در دانشگاه های معتبر جهان و ایران همچون صنعتی شریف بعنوان مرجع تدریس میشود. کتاب مفاهیم میکروالکترونیک ها با هدف آموزش و تحلیل و طراحی میکروالکترونیک ها به صورت آنالوگ و دیجیتال برای دانشجویان گروه های مهندسی برق نوشته شده است. شاخه ای از علم الکترونیک است که به مطالعه، طراحی، ساخت و توسعه ادوات الکترونیکی در مقیاس میکرو می پردازد. این علم شامل قطعات مجزا و مدارات مجتمع مبتنی بر این قطعات می باشد.

پروفسور بهزاد رضوی استاد دانشگاه UCLA در زمینه ی مدارهای آنالوگ در آمریکاست و فارغ التحصیل مهندسی برق دانشگاه صنعتی شریف و دانشگاه استنفورد است.او هم اکنون مدیر آزمایشگاه مدارهای مخابراتی UCLA است.



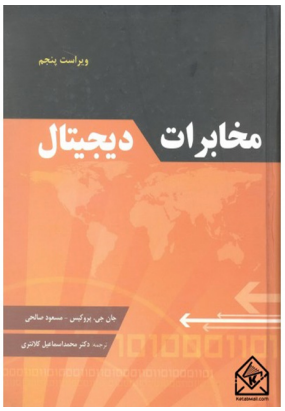
عنوان: احتمال، متغیر ها و فرایندهای تصادفی

مولف: پاپولیس و پیلای

مترجم: محمود دیانی

درس فرایندهای تصادفی با منبع کتاب پاپولیس یکی از دروس مهم و اصلی گرایش های سیستم، رمز و شبکه می باشد. کتاب "احتمال، متغیرهای تصادفی وفرآیندهای اتفاقی" به همت "آتاناسیوس پاپولیس-اس.یونیک ریشنا پی لای" نگارش شده است. این کتاب یکی از مهمترین مراجع درس فرایندهای تصادفی در دانشگاه های معتبر دنیا است.

سر فصل های این کتاب مطابق با سرفصل های نظام آموزشی کشورمان می باشد، لذا، در دانشگاه های معتبر کشور نیز ازین کتاب به عنوان کتاب اصلی برای تدریس استفاده می شود. در ویرایش چهارم این کتاب تغییراتی در باب ساختار و مسائل کتاب صورت گرفته است.

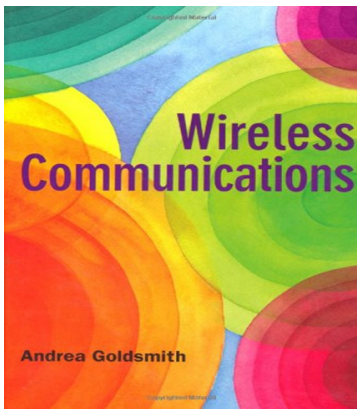


عنوان: مخابرات دیجیتال

مولف: جان جی پروکیس و مسعود صالحی

مترجم: دکتر محمد اسماعیل کلانتری

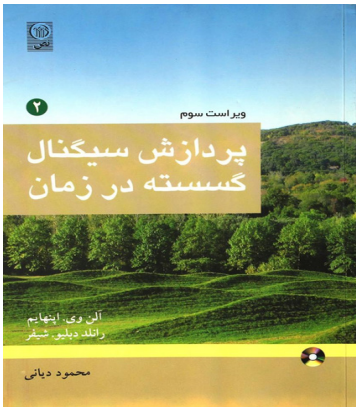
کتاب مخابرات دیجیتال نوشتهی جان جی پروکیس و مسعود صالحی که تحت عنوان کتاب مخابرات پیشرفته نیز شناخته می شود یکی از کتابهای ارزنده در زمینهی درس تئوری پیشرفته مخابرات می باشد که به عنوان مرجع این درس در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری نیز مورد استفاده قرار میگیرد.



عنوان: Wireless Communications

مولف: آندره گلداسمیت

در این کتاب مرجع که نویسنده آن استاد دانشگاه استنفورد ، پروفسور گلداسمیت می باشد ، مطالب ارزنده ای در مورد تئوری و تکنیکهای طراحی و ابزارهای تحلیل مخابرات وایرلس و با تاکید بر اصول طراحی سیستم های وایرلس ، ارائه شده است . در این کتاب شما در ابتدا با سیستم ها و استانداردهای وایرلس آشنا می شوید . سپس مشخصات کانالهای وایرلس و محدودیت های اساسی ظرفیت مورد بررسی قرار می گیرند . انواع مدولاسیون ها ، کدینگ ها و تکنیکهای پردازش سیگنال با جزییات کامل در قسمت بعدی ارائه می شوند . مطالبی نظیر طیف گسترده ، تکنیکهای چند حاملی مدولاسیون و روشهای چند آنتنی MIMO مباحث دیگر این کتاب بی نظیر را تشکیل می دهند . همچنین شما با مخابرات چند کاربره ، طراحی سیستم های سلولی و طراحی شبکه های ad-hocنیز آشنا خواهید شد.

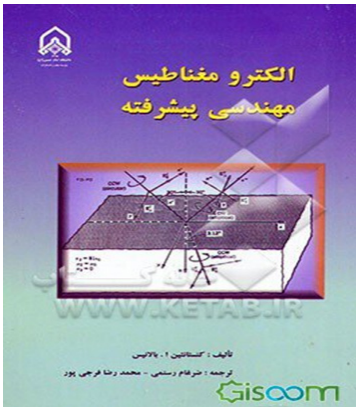


عنوان: پردازش سیگنال گسسته در زمان

مولف: اپنهایم و شیفر

مترجم: محمود دیانی

پردازش سیگنال دیجیتال (DSP) علم جدیدی است به تجزیه و تحلیل سیگنال ها می پردازد. پردازش سیگنال دیجیتال (DSP) در چندین سال اخیر به شکل کاملا تخصصی و پیشرفته در حال ارزیابی و توسعه است. در واقع می توان گفت در علم الکترونیک مدرن وسیله ای را پیدا نمی کنیم که پردازش سیگنال در آن صورت نگیرد. این به دلیل آن است که کمیت های قابل اندازه گیری می توانند تشکیل سیگنال دهند. کتاب پردازش سیگنال اپنهایم (کتاب پردازش سیگنال گسسته در زمان اپنهایم) جزء کتاب های تخصصی رشته برق گرایش الکترونیک در مقاطع مختلف می باشد. یکی از اصلی ترین منابع پردازش سیگنال کتاب پردازش سیگنال اپنهایم می باشد.



عنوان: الکترومغناطیس مهندسی پیشرفته

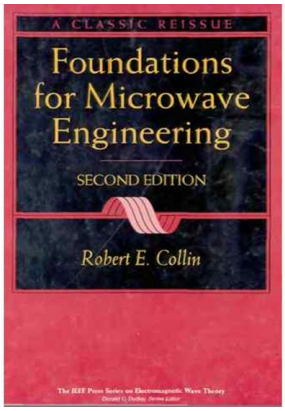
مولف: کنستانتین بالانیس

مترجم: ضرغام رستمی و محمدرضاف فرجی پور

کتاب الکترومغناطیس مهندسی پیشرفته نوشته پروفسور بالانیس اثری است که دارای جزئیات کامل تحلیلی، دقت زیاد و جامعیت می باشد و بسیاری از مباحث بصورت کاملا ریشه ای در آن مطرح گردیده است.

در این کتاب علاوه بر پوشش عناوین کلاسیک سنتی، موضوعات پیشرفته اساسی همچون معادلات انتگرال، قضایای الکترومغناطیسی و کابردهای آن ها در حل مسائل مقادیر مرزی و همچنین موج بر ها، محفظه ها، خطوط انتقال، پراکندگی، معادلات انتگرال به روش ممان، نظریه هندسی تفرق و تابع گرین مورد بحث قرار گرفته است.

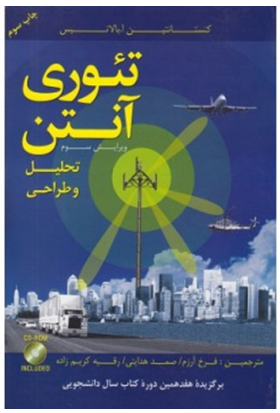
مطالعه این کتاب به کلیه مهندسین برق، فیزیک و همه دانش پژوهانی که در زمینه هایی نظیر: آنتن، پراکندگی، مدارها و قطعات مایکروویوی، مخابرات رادیویی و نوری، پخش صوت و تصویر، سنجش از دور، رادار، رادیو نجوم و الکترونیک کوانتومی و حتی رایانه فعالیت می کنند؛ توصیه می شود.



عنوان: FOUNDATIONS FOR MICROWAVE ENGINEERING

مولف: کالین

بنیادهای مهندسی میکروویو ، ویرایش دوم ، دارای پوشش گسترده ای از خطوط انتقال ، راهنمای موج ، نظریه مدار مایکروویو ، تطبیق امپدانس و تشدید کننده های حفره است. این کتاب علاوه بر فصل هایی در مورد ساختارهای دوره ای ، فیلترهای مایکروویو ، تقویت کننده مایکروویو حالت جامد کوچک و طراحی نوسان ساز ، و دستگاه ها و مدارهای مقاومت منفی یک فصل کامل را به لوله های اساسی مایکروویو اختصاص می دهد. این کتاب به طور کامل در سال ۱۹۹۲ به روز شد ، و توسط IEEE Press در پاسخ به درخواست بسیاری از اعضای این انجمن ، که آن را یک کتاب درسی ارزشمند و یک مرجع ماندگار برای تمرین مهندسان مایکروویو می دانند ، مجدداً منتشر کرد.

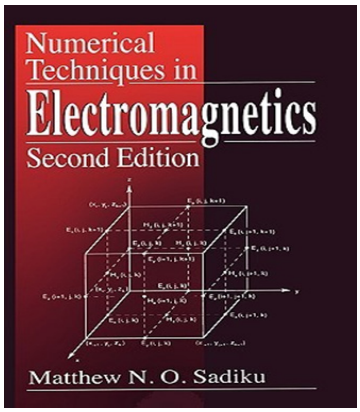


عنوان: تئوری آنتن تحلیل و طراحی

مولف: کنستانتین بالانیس

مترجم: فرخ آرزم, رقیه کریم زاده و صمد هدایتی

این کتاب اصول اساسی نظریه آنتن را معرفی کرده و نحوه اعمال آنها را در تجزیه و تحلیل ، طراحی و اندازه گیری آنتن ها توضیح می دهد. با توجه به تنوع روشهای تجزیه و تحلیل و طراحی و ساختارهای مختلف آنتن موجود ، برنامه های مورد بحث در این کتاب با برخی از اساسی ترین و کاربردی ترین تنظیمات آنتن ساخته شده است. از جمله این تنظیمات آنتن ، دوقطبی خطی، حلقه ها ؛ آرایه ها ؛ آنتن های پهن باند ؛ آنتن های دیافراگم ؛ آنتن های microstrip و آنتن های بازتابنده است.این متن حاوی جزئیات ریاضی کافی است تا دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد مهندسی برق و فیزیک بتوانند جریان تجزیه و تحلیل و طراحی را دنبال کنند. خوانندگان باید از نظریه الکترومغناطیسی مقطع کارشناسی ، از جمله معادلات ماکسول و معادله موج ، فیزیک مقدماتی و محاسبه دیفرانسیل و انتگرال آگاهی داشته باشند.



عنوان: Numerical Techniques in Electromagnetics

مولف: ساديکو

با وجود رشد چشمگیر در دسترس بودن منابع کامپیوتر قدرتمند ، جامعه EM فاقد یک متن جامع در مورد تکنیک های محاسباتی مورد استفاده برای حل مشکلات EM است. اولین چاپ تکنیک های عددی در الکترومغناطیس این شکاف را پر کرد و مرجع انتخاب هزاران مهندس ، محقق و دانشجو شد.

ویرایش سوم ازاین متن پرفروش نشان دهنده افزایش مداوم آگاهی و استفاده از تکنیک های عددی است و شامل پیشرفت ها و اصلاحات انجام شده در سال های اخیر است. قابل توجه ترین آنها بهبودهایی است که در الگوریتم استاندارد روش محدوده زمانی متفاوت و رفتار شرایط جذب مرزی در روشهای FDTD ، المان محدود و خط ماتریس خط انتقال ایجاد شده است. نویسنده همچنین یک فصل در مورد روش خطوط اضافه کرده است.

چرا قرنطینه هیچ تاثیری بر گرمایش جهانی زمین نداشت !؟

کشورهای مختلف جهان، در چند ماه اول سال ۲۰۲۰ اقدام بی سابقه ای برای کنترل شیوع کووید-۱۹ انجام دادند، به طوری که در زمان اوج کرونا، یک سوم از جمعیت جهان در قرنطینه به سر می بردند و آمارهای جهانی نشان داد که مسافرت با اتومبیل ۵۰درصد، تعداد پرواز ها ۷۵درصد و تمامی فعالیت های صنعتی ۳۵ درصد کاهش پیدا کرد؛ در نتیجه انتظار می رود تغییراتی در **گرمایش جهانی زمین** رخ داده باشد.

با این وجود، میزان انتشار دی اکسیدکربن جهانی (CO_2) در مقایسه با مدت مشابه در سال ۲۰۱۹، تنها حدود ۱۷ درصد کاهش یافت! اما CO_2 تنها گاز گلخانه ای نیست که باعث گرمای کره زمین میشود؛ یکی دیگر از این گازها که با تعطیل شدن فعالیتهای صنعتی، به ویژه صنایع سنگین مانند ساخت فولاد و سیمان تولیدش کاهش پیدا کرد " آئروسل" بود؛ این ذرات ریز هفته ها در جو باقی مانده و گرمای خورشید را منعکس می کنند.

بیشتر بدانیم: آئروسل یا هواپخش، ذرات جامد یا قطرات مایع در گاز هستند؛ از نمونه هایی از آئروسل ها می شود به: رنگ ها، حشره کش ها، صیقل دهنده ها، خوش بو کننده ها و ... اشاره کرد.

مطالعات قبلی حاکی از این بود که اگر بسیاری از این فرآیندهای صنعتی به طور ناگهانی خاموش شوند، زمین برای مدت زمان کوتاهی گرم میشود، زیرا دیگر اثر انعکاسی آئروسل ها از دست میرود؛ اما با اینکه قرنطینه، آسمان را از آلودگی پاک کرد، دمای زمین زیاد نشد! در این مقاله ما نشان می دهیم که قرنطینه اثر ناچیزی بر دمای کره زمین داشته است؛ حال واقعاً چرا ؟

آب و هوا در کنار علم شیمی

گاز گوگرد دی اکسید (SO_2) عمدتا در فرآیندهای صنعتی تولید میشود که زغال سنگ را می سوزانند. این گاز در جو زمین واکنش داده و تبدیل به " آئروسلهای سولفات سفید " می شود و می تواند با بازتابش نور خورشید به فضا بخشی از گرمای ناشی از گازهای گلخانه ای را جبران کند؛ حال اگر SO_2 تنها آلاینده ای باشد که در زمان قرنطینه میزان انتشار آن کاهش می یابد، انتظار می رود که در نبود آن دمای زمین افزایش پیدا کند.

" کربن سیاه " که به صورت عامیانه آن را " دوده " می نامند، یکی دیگر از آلاینده هایی است که هنگام سوزاندن سوخت های کثیف (مانند دوده ناشی از اتومبیل های قدیمی)، تولید می شود؛ از آن جایی که این دوده سیاه رنگ است، نور خورشید را جذب کرده و جو

زمین را گرم می کند.

اتومبیل ها و هواپیماها، مقدار زیادی گاز اکسید نیتروژن (NO_2) منتشر می کنند؛ این گاز باعث ایجاد یک لایه اُزن در جو پایین شده و مانند یک گاز گلخانه ای، باعث گرم شدن زمین می شود. تصاویر ماهواره ای در ماههای مارس و آوریل، نشان داد که با شروع قرنطینه جهانی، میزان NO_x در اروپا به طور چشم گیری کاهش یافته است.

بررسی آب و هوا در زمان قرنطینه با شبیه سازها

شبیه سازهای رایانه ای در زمان قرنطینه اجرا شد تا بتوان وضعیت هوا را با زمان قبل از قرنطینه و شیوع کرونا مقایسه کرد؛ در بهترین حالت، تخمین زده می شد که میزان انتشار NO۲ ،SO۲ و کربن سیاه بین اواسط فوریه تا اواسط ژوئن کاهش یافته باشد. نتیجه ای که این شبیه سازها به دست آورده‌اند در نگاه اول بسیار کسل کننده به نظر می رسد اما اگر کمی دقیق تر نگاه کنیم نتایج جالبی را می شود از آن استخراج کرد.

شبیه سازها نشان داد که تغییرات آب و هوا، تاثیر بسیار اندکی بر دمای متوسط جهانی داشته است اما تغییرات منطقه ای قابل توجه بود؛ به عنوان مثال، در خاورمیانه هوا خنک تر شد زیرا با نبودن کربن سیاه در هوا نور به شن و ماسه های صحرا رسیده و انرژی خورشیدی بسیار بیشتری به فضا منعکس می شد.

مناطق دیگر مانند چین شرقی، شاهد گرمایش بیشتری بود، زیرا این منطقه بیشترین میزان کاهش SO_2 صنعتی را داشت (یادآوری: وجود این گاز باعث انعکاس نور خورشید به سمت فضا می شد).

این قرنطینه، فرصت ارزشمندی بود تا بتوانیم نظریه های تاثیر آلاینده ها بر آب و هوا را بررسی کنیم. از این طریق، ما می توانیم مدل ها و شبیه سازهای خود را بهبود بخشیده و پیش بینی های دقیق تری انجام دهیم. همچنین آموختیم که چگونه یک استراتژی را برنامه ریزی کنیم تا مانع از افزایش ناگهانی و شدید، **گرمایش جهانی زمین** شویم.

وضعیت گرمایش جهانی زمین بعد از قرنطینه

تاثیرات طولانی مدت قرنطینه بر آب و هوا، بیشتر بستگی به اتفاقاتی دارد که برای گازهای گلخانه ای با عمر طولانی (دیاکسیدکربن و متان) رخ می دهد. این گازها میتوانند برای قرن ها و دهه ها در جو باقی بمانند اما گازهایی مانند SO_2، NO_2 و کربن سیاه تنها برای چند روز تا چند هفته عمر می کنند.

انتشار گاز CO_2 در زمان قرنطینه کاهش پیدا کرد اما این کاهش به اندازه ای نبود که برای جلوگیری از رشد اتمسفر در سطح های مختلف جو زمین کافی باشد؛ برای متوقف شدن گرمایش جهانی زمین، میزان انتشار این گاز باید به صفر برسد.

ممکن است **ترسناک** به نظر برسد که قرنطینه جهانی نتوانسته است باعث کاهش کافی در انتشار گازهای گلخانه ای و جلوگیری از تغییرات آب و هوایی شود؛ اما قرنطینه تنها شامل انجام کارهایی بود که به طور روزمره آنها را انجام می دادیم؛ برای جلوگیری از **گرمایش جهانی زمین**، لازم است که نحوه تامین انرژی و زیر ساخت های خود را تغییر دهیم!

مرضیه خلیلی

در سال ۱۳۷۳ در اهواز متولد شد. مدرک کارشناسی خود را از دانشگاه صنعتی قوچان در رشته مهندسی رباتیک در سال ۱۳۹۶ گرفت. همچنین وی در حال حاضر دانشجوی رشته برق گرایش کنترل در دانشگاه تربیت مدرس تهران است. زمینه‌های علاقمندی: رباتیک، کنترل غیرخطی، یادگیری ماشین و اسکلت‌های بیرونی توانبخشی است.

Barghcom Magazine

Student Scientific Society of Electrical and Computer Engineering at the University of Tarbiat Modares

Iran, Tehran

To Contact with Us

tmu.ieee.org.ir

Barghcom.Elecom@gmail.com

TMU_IEEE

IEEE_TMU