# قابلیتهای آزمایشگاه مجازی آنلاین مهندسی برق بر مبنای اینترنت در زمان شیوع اپیدمی کرونا

آزاد رحیمی[۱]

[۱]هیئت علمی، دپارتمان مهندسی برق دانشگاه فنی و حرفه ای کردستان، ایران

**چکیده:** این مقاله به بررسی یک مدل شبیه سازی برای قوانین آزمایشگاه که از ارتباطات و تکنولوژی کنترل استفاده می‌کنند برای برای دانشجویان مهندسی که در دوره اپیدمی کرونا به راحتی نمی‌توانند به آزمایشگاه برای انجام کارهایشان ملحق شوند، می پردازد. نوعی آزمایشگاه مجازی مهندسی برق بر مبنای اینترنت با استفاده از مدل سازی یکپارچه که در آن، آزمایش هایی در چهار دوره تئوری مدارهای الکتریکی، تکنیک الکترونیکی آنالوگ، تکنیک الکترونیکی دیجیتال و میکرو الکترونیک با استفاده از مدلسازی برای هر دو مدل سازی سطح بالا و سطح پایین انجام شده است. این آزمایشگاه به کاربران امکان می دهد مدار خود را طراحی کرده و همزمان نتیجه شبیه سازی را بدست آورند. اساتید ممکن است مؤلفه های جدیدی را با نرم افزار مدلسازی طراحی کرده و برای استفاده دانش آموزان به آزمایشگاه اضافه کنند. نتایج نشان می دهد که این نرم افزار می تواند نیاز مدل سازی یکپارچه به دوره های مهندسی برق را به طور مؤثر برآورده کند.

**کلیدواژه‌ها:** *آزمایشگاه مجازی، آموزش از راه دور، اپیدمی کرونا، مدل سازی یکپارچه*

## ۱- مقدمه

ورود تکنولوژی به عرصه اطلاعات و پدید آمدن فناوری اطلاعات تمام ابعاد زندگی بشری را متحول کرد و روند انجام امور کلی با گذشته های نه چندان دور از نظر کیفی وکمی تغییرکرده که در نتیجه این تغیر وتحولات، دانشگاهها و مراکز آموزشی با پدیده جدیدی به عنوان تکنولوژی آموزشی رو به رو شده اند که این پدیده آموزش را از حالت سنتی خارج ساخته و جریان خاصی به آن بخشیده است. با پیدایش کامپیوتر و به دنبال آن شبکه های کامپیوتری و وب جهانی در دهه های آخر قرن بیستم نوع دیگری از آموزش و مکانهای آموزشی را فرا روی دانشجویان و فراگیران قرار داده است. تحول ابزار ها و روش های آموزش در جهتی است که هر فرد در هر زمان و هر مکان بتواند با امکانات خودش و در بازه زمانی که خودش مشخص می کند مشغول یادگیری شود. آموزش به کمک فناوری های نوین در مدت زمان کوتاهی که از زمان پیدایش آن می گذرد توانسته شیوه های آموزشی را در سطح بسیار گسترده دگرگون کند. فناوری اطلاعات می‌تواند به ازای هر واقعیت یا پدیده، یک بدل مجازی بسازد. مواردی همچون تجارت الکترونیک، فروشگاه الکترونیک، بانک الکترونیک، بازی‌های کامپیوتری، پست الکترونیک و دهها و صدها مورد دیگر مؤید این مدعاست. یکی از مظاهر بسیار مهم فناوری اطلاعات در بعد آموزش متجلی گشته است که از آن با عبارتی مثل آموزش مجازی یا آموزش آنلاین و یا آموزش الکترونیکی و... یاد می‌شود[۲] .

## ۲- ضرورت ایجاد آزمایشگاه‌های آنلاین

در دوره های مهندسی، دروس آزمایشگاهی و کارگاهی نقش مهمی را در آموزش مهارتی ایفا می کنند زیرا می توانند توانایی عملی دانش آموزان را پرورش داده و اطلاعات بصری و دقیقی را تأمین کرده و علاقه دانشجویان را بر انگیزند. براین اساس، آزمایشگاههای مختلف اینترنت محور با چارچوب های گوناگون جهت گسترش زمان و فاصله میان دانش آموزان و منابع تجربی و همچنین شرایط بحارنی نظیر شیوع اپیدمی

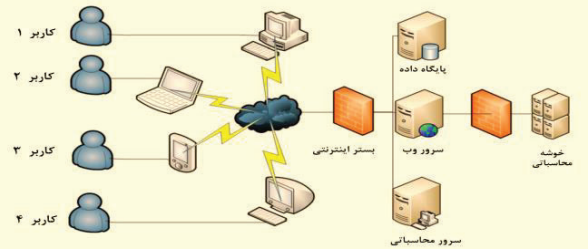
بیماریهای تنفسی نظیر کوید ۱۹ ایجاد شده است که از یک طرف باعث کاهش هزینه تجهیزات و فراهم آوردن شانس برای مردم در زمینه راه‌اندازی تجهیزات آزمایشگاهی گران قیمت از راه دور می شود وازطرف دیگر و مهمتر اینکه تنهارو ستضمین سلامت دانشجویان و در پی آن جامعه برای کاهش شیوع بیماری است.

در دوره های مهندسی برق ، لازم است از ابزارهای EDA مانند Multisim , Proteus, MATLAB, PsPice , E-plan و... برای تجزیه و تحلیل و شبیه سازی مدارات و پروژه های کنترلی طراحی شده استفاده کرده و نتیجه را با آزمایش واقعی مقایسه کنید. با این حال ضمن اینکه ایجاد شرایط استاندارد برای یادگیری همه دانشجویان ممکن نیست، تجمع دانشجویان در فضای بسته آزمایشگاهها در زمان شیوع بیماری، مشکلات متعددی بوجود می آورد و تهدیدی واقعی برای سلامت کل جامعه محسوب می شود. بنابراین توسعه آزمایش های شبیه سازی مجازی برای دوره های خاص از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در حال حاضر آزمایش های شبیه سازی مجازی متعددی برای دانش آموزان و کاربران علاقه مند، به منظور استفاده و بارگیری وجود دارد. مرجع (۱) ، یک تمرین آزمایشگاهی برمبنای وب با دسترسی از راه دور را برای شبیه سازی ارائه داده است تا مشکلات کنترل و بازخورد را تجزیه و تحلیل کند. مرجع (۲) از موتور محاسباتی قدرتمند MATLAB / SIMULINK برای انجام شبیه سازی و انیمیشن تعاملی آزمایشهای مهندسی کنترل در واقعیت مجازی استفاده می کند. یک محیط شبیه‌سازی برای یادگیری الکترونیکی در الکترونیک دیجیتال در (۳) ارائه شده‌است که شبکه‌های منطقی ترکیبی و ترتیبی، طراحی محدود ماشین محور، و رابط ریز کامپیوترها و برنامه‌نویسی کامپیوتری را پوشش می‌دهد. در منابع (۴) و (۵) دوباره از MATLAB برای ساخت آزمایشگاه های مجازی و پردازش سیگنالی و الکترومغناطیسی استفاده می شود. با این حال، به صورت موردی با زبان های معماری و برنامه نویسی مختلف اجرا می شوند. بنابراین لازم است برای یکپارچه سازی آزمایش های مجازی مختلف دوره های مهندسی برق، یک پلت فرم یکپارچه طراحی شود و همچنین مدل های آزمایشی تعریف شده توسط کاربر ارائه شود. طرح آزمایشگاه مجازی مهندسی برق بر مبنای اینترنت یک زبان مدل سازی سیستم های فیزیکی شیء گرای مدرن است. این امر برای مدلسازی سیستم الکتریکی، مدل سازی سطح بالای سیستم مدارو مدل‌سازی سطح پایین یک جزئی مناسب است. علاوه بر مدل سازی الکتریکی، این طرح برای انجام مدل سازی در مهندسی کنترل، مکانیک و میدان مغناطیسی نیز مناسب است. [ ۱و۳]

## ۳- طرح سیستم

سامانه شناسایی امواج رادیویی که قادر به تبادل داده‌ها به‌وسیله برقراری اطلاعات بین برچسب که بر روی یک شیء، انسان و یا حیوان نصب شده است و یک کدخوان می‌باشد. این سامانه از سیگنال‌های الکترومغناطیسی و الکترونیکی برای خواندن و نوشتن داده‌ها بهره برده‌اند. لذا سیستمی که توانایی خواندن و تشخیص اطلاعات اشیاء، افراد و ... داشته باشد را سیستم شناسایی گویند[۱۷].

در طراحی آزمایشگاه مجازی یکپارچه باید تمامی جوانب سیستم مانند رابط کاربری ، ارتباطات و ماژول شبیه سازی و غیره را در نظر گرفت. طرح پیشنهادی دارای یک چارچوب و رابط یکپارچه است که واسط کاربری مناسبی را برای کاربران فراهم می کند تا آزمایش های موجود یا طراحی آزمایش های نوآورانه را انجام دهند و قابلیت گسترش عظیمی را برای اساتید فراهم می کند تا دستگاه ها و آزمایش های مجازی جدید را بدون تغییر کد برنامه اضافه کنند [۱۵].




**شکل ۱: معماری کلی سیستم**

شکل ۱ چارچوب کلی آزمایشگاه مجازی مهندسی برق برمبنای اینترنت را نشان می دهد. آزمایشگاه مجازی مهندسی برق برمبنای اینترنت شامل سه مؤلفه اصلی است:

**۳-۱- سمت سرویس دهنده :**

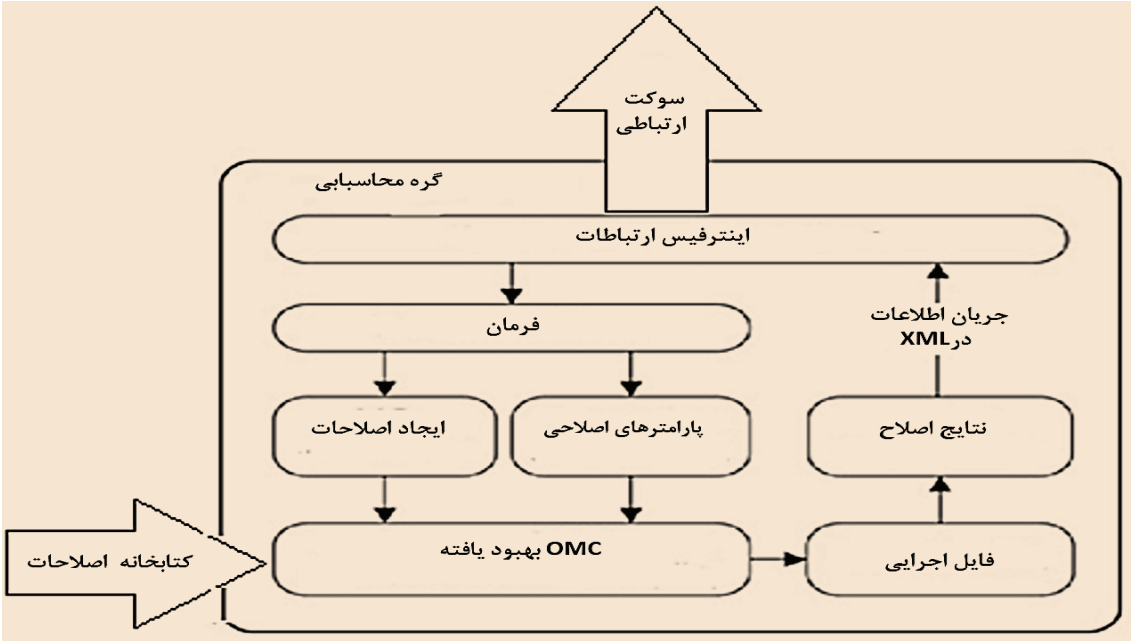
سمت سرویس دهنده، یک پورتال وب است که درآن کاربران نیازی به تنظیم برنامه سیستم ندارند. هرکسی که به شبکه دسترسی داشته باشد می تواند آزمایشگاه مجازی را از طریق مرورگر وب وارد سیستم کند. سمت سرویس دهنده حاوی رابط کاربری است تا بتواند اطلاعات شخصی کاربران و محیط را برای کاربران مدیریت کند تا آزمایش های مجازی دوره های مختلف را انجام دهند. هر دوره یک پلاگین است که شامل چندین آزمایش است. آزمایشات به صورت درختی در سمت چپ پورتال وب ترتیب بندی شده اند. بنابراین افزودن دوره های جدید یا آزمایش های جدید در پرتال قابل تغییر است .

**۳-۲- مولتی سرور:**

سمت سرور از سه سرور مستقل شامل سرور پایگاه داده، سرور وب و سرور محاسباتی تشکیل شده است که هر کدام مستقل هستند و نقش مهمی در سیستم دارند. سرور بانک اطلاعاتی، اطلاعات کاربران مانند مدیریت ورود به سیستم و کنترل اختیارات را مدیریت می کند. همچنین داده های تجربی را ذخیره می کند. وب سرور، پورتال وب متشکل از صفحات وب و پلاگین های آزمایش مختلف را در اختیار مشتری قرار می دهد. در ضمن، درخواست کاربرانی که در صفحات وب کار می کنند را نیز کنترل می کند. سرور محاسبات، درخواست را از پلاگین های درگاه وب دریافت کرده و سپس کارتوزیع متوازن درخواست ها را به گره های خوشه محاسباتی انجام می دهد. [۱،۴].

**۳-۳- خوشه محاسباتی :**

خوشه محاسباتی از چندین گره تشکیل شده است که درخواست شبیه سازی را از پورتال وب به اشتراک می گذارند. بنابراین ، هر یک از گره ها همان عملکرد را دارند که در شکل ۲ نشان داده شده است. [۱،۸]

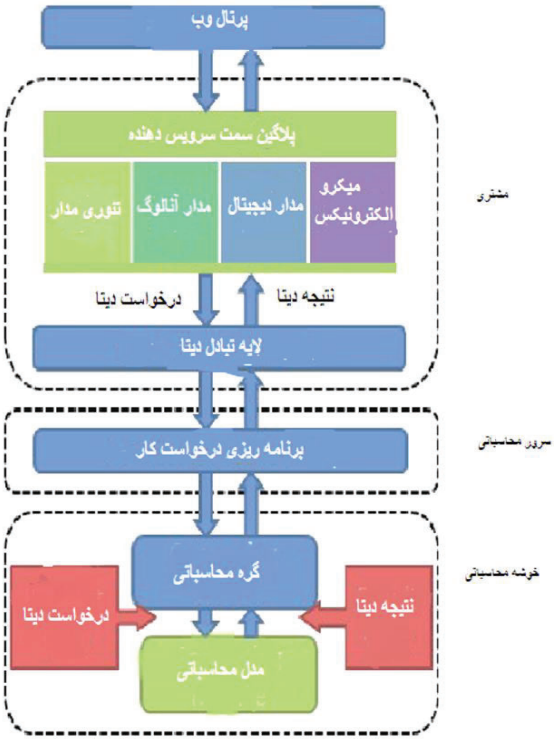



**شکل ۲: جریان کاری هر گره محاسباتی**

هنگامی که یک گره محاسباتی درخواست را دریافت می کند، فرمان کاربران را تجزیه و تحلیل می کند. در صورت درخواست کاربر برای شبیه سازی یک آزمایش خاص، گره محاسبه، داده های صحنه آزمایش را با فرمت XML دریافت می کند که حمل و نقل آن از طریق اینترنت راحت است و به راحتی قابل تجزیه است. به منظور سازگاری و قابلیت توسعه شبیه سازی موضوعات متمایز مهندسی برق، ماژول محاسبه بر اساس یک زبان مدل سازی یکپارچه ی چند دامنه ای [۱۰] است. هر مؤلفه ی آزمایش دارای یک مدل یکپارچه است که کتابخانه اصلاحات

را تشکیل می دهد. ماژول محاسبه ابتدا اطلاعات را از درخواست XML استخراج کرده و مدل یکپارچه آزمایش را ایجاد می کند ، سپس با کامپایلر [۱۱] تماس می گیرد تا مدل را محاسبه کرده و داده های نتیجه را به سرویس دهنده باز می گرداند[۹].

شکل ۳ گردش کار سیستم در انجام آزمایش را نشان می دهد.




**شکل ۳: جریان کاری سیستم کاربر یا استفاده از تجارب**

**در مرحله اول**، کاربر از طریق وب پورتال با اعتبار وارد می شود. کاربران مختلف معتبر با اختیارات مربوطه تعیین خواهند شد.

**در مرحله دوم**، کاربر یکی از آزمایش های ذکر شده در سمت چپ صفحه وب را انتخاب می کند. سپس کاربر ممکن است شروع به طراحی آزمایش در پلاگین کند.

**در مرحله سوم**، پلاگین درخواست را از کاربر دریافت می کند و داده های درخواست شده ی بسته بندی شده را از طریق لایه تبادل داده به سرور محاسباتی می فرستد.

**در مرحله چهارم**، سرور، محاسبات درخواست را به یک گره محاسباتی خاص منتقل می کند. سرانجام، گره محاسبه نتیجه را محاسبه می کند و برای نمایش بصری به صورت معکوس به پلاگین مشتری ارسال می کند. [۱،۶]

## ۴- پیاده سازی سیستم :

### الف ) مدیریت سیستم J2EE

Java 2 Platform، Enterprise Edition استانداردی را برای توسعه برنامه های سازمانی چند منظوره تعریف می کند. این پلاتفورم با قرار دادن آنها بر روی اجزای استاندارد پیمانه ای، با ارائه مجموعه ای کامل از خدمات به آن مؤلفه ها و با انجام بسیاری از جزئیات رفتار برنامه بطور خودکار، بدون برنامه نویسی پیچیده، برنامه های سازمانی را ساده تر می کند. بر این اساس، چارچوب های باز متن از قبیل struts، spring و hibernate برای کمک به ساخت یک سیستم وب قابل استفاده مجدد، پایگاه داده ای متقابل و چند لایه ساخته شده است. طرح پیشنهادی چارچوب محبوب Struts + Spring + Hibernate (SSH) را برای اجرای یک سیستم سه لایه که شامل لایه ارائه، لایه کسب و کار و لایه ماندگاری است، بکار می گیرد. چارچوب SSH به راحتی قابل تنظیم و کم حجم است. این چارچوب همچنین ماژولی به نام امنیت spring را برای مدیریت اختیارات فراهم می کند. با امنیت spring ، مدیریت مرجع می تواند به راحتی با نوشتن یک فایل تنظیمات انجام گیرد که در آن اخیارات مربوطه متعلق به نقش های مختلف قرار دارند. [۷]

### ب ) ارتباط داده مبتنی بر XML

Extensional Markup Language (XML) یک فرمت داده متنی است که اهداف طراحی آن بر سادگی، کلی بودن و قابلیت استفاده در اینترنت تأکید دارد. طرح ارائه شده از XML برای برقراری ارتباط بین ماژول های مختلف سیستم استفاده می کند. هر مؤلفه ی آزمایش دارای ارائه ی XML است که حاوی نام مؤلفه، شناسه، ویژگی ها، اطلاعات پورت، مدل تجسم ست. کل صحنه آزمایش شامل بازنمودهای اجزاء XML و اطلاعات اتصال بین اجزای مختلف است. این پلاگین ؛ داده های صحنه را به XML بسته بندی می کند. برای شبیه سازی ماژول محاسبات یک سیستم ، نه تنها توپولوژی سیستم بلکه جزئیات اطلاعات هر مؤلفه سیستم مورد نیاز است. پس از شبیه سازی ماژول سیستم، داده های نتیجه به XML بسته بندی شده و به سرویس دهنده ارسال می شوند.

**ج ) اجرای سرور چندگانه**

مدل ارائه شده یکپارچه برای افزایش قابلیت اطمینان سیستم و امکان پشتیبانی از سرویس های مختلف وب، چندین سرور را برای ارائه خدمات مختلف در نظر می گیرد. یک سرور پایگاه داده، MySQL را نصب می کند که یک سیستم مدیریت پایگاه داده ارتباطی برای دسترسی چند کاربره به پایگاه داده است. موتور servlet Apache Tomcat به عنوان وب سرور، وظیفه دارد منابع وب ، مانند HTML و JSP را در اختیار کاربران قرار دهد تا کاربران بتوانند بطور مستقیم از طریق اینترنت وارد سیستم شوند. هر سرور مسئولیت خود را به طور جداگانه انجام می دهد ، که این امر باعث می شود سیستم قابل اطمینان و پایدار باشد.

**د ) مدل سازی یکپارچه :**

اگرچه تعدادی از نرم افزارهای مختلف مانند Pspice و Multisim برای طراحی مدار طراحی شده اند، اما تجاری بوده و برای فرمت کاربردی سخت هستند. با این حال ، ظهور این نوع مدا یکپارچه امکان توسعه مدل سازی و شبیه سازی سیستم یکپارچه را امکان پذیر کرد. کتابخانه استاندارد برای پوشش دادن حوزه مهندسی برق، مکانیک، مهندسی کنترل و مهندسی مغناطیسی تهیه شده است. کتابخانه برق اکثر مؤلفه های آزمایش اصلی مانند مقاومت، خازن، سلف و مدل های ساده دیودها و ترانزیستورها را در بر می گیرد. همچنین می توان مدل جدیدی از اجزای موجود در کتابخانه استاندارد را به راحتی به آن اضافه کرد.

**۱)مدل سازی مؤلفه ها:** طرح پیشنهادی فقط معادلات ریاضی را می فهمد، نه دانش خاص دامنه را. بنابراین مدل فیزیکی یک مؤلفه، ابتدا باید فرموله شود. از آنجا که این طرح یک زبان مدل سازی پیشرفته ی شی ء گرا است، درک آن با داشتن تجربه اندکی در زمینه ی برنامه نویسی ، بسیار آسان است.

شکل ۴ مدل آمپلی فایر عملیاتی ایده آل را نشان می دهد. این مدل شامل دو بخش اصلی است. بخش اول درگاه و پارامترهای مدل را توصیف می کند و بخش دوم معادله ای که رابطه فعلی و ولتاژ تقویت کننده ایده آل را تشکیل می دهد.

```
مدل آمپلی فایر عملیاتی ایده آل دارای محدودیت

                                    مداخلات پین مثبت        in_p "    پین مثبت پُرت داخلی    ";
                                    مداخلات پین منفی        in_n "    پین منفی پُرت داخلی    ";
                                    مداخلات پین مثبت        out "     پین خروجی    ";
                                    مداخلات پین مثبت        VMax "    محدودیت ولتاژ خروجی مثبت

                                    مداخلات پین منفی        VMin "    محدودیت ولتاژ خروجی منفی

      ولتاژ SI   vin "    ولتاژ داخلی    ";
محافظت شده
   واقعی s(یونیت نهایی:="1") "    متغیر کمکی    ";
   مقدار ثابت modelica .SIunits.Voltage unitVoltage= 1;
equation
  in_p.i = 0;
  in_n.i = 0;
  VMax.i = 0;
  VMin.i = 0;
  vin = in_p.v - in_n.v;
  in_p.v - in_n.v = unitVoltage*smooth(0,(if s < -1 then s + 1
else if s > 1 then s - 1 else 0));
  out.v = smooth(0,if s < -1 then VMin.v else if s > 1 then VM
ax.v else (VMax.v - VMin.v)*s/2 + (VMax.v + VMin.v)/2);
end IdealOpAmpLimited;
```

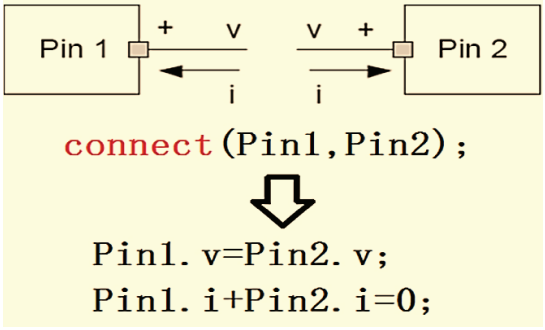
**شکل ۴: مدل آمپلی فایر عملیاتی ایده آل**

تعامل بین دو مؤلفه با پورت فیزیکی که به آن کانکتور گفته می شود. در کتابخانه برق، پین مثبت همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است تعریف می شود.

```
" پین مثبت جزء الکتریکی "  کانکتور پین مثبت
SI.   ولتاژ    "    پتانسیل پین    ";
جریان   SI.   رایج    i "    جریان رایج پین    ";
پایان پین مثبت    ;
```

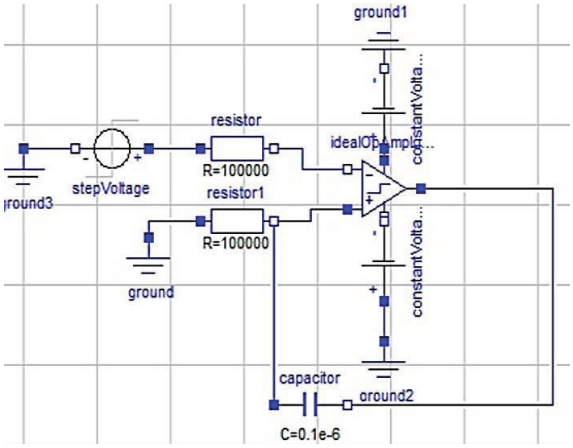
**شکل ۵ : مدل کانکتور**

هنگامیکه دو پورت بهم وصل می شوند، این بدان معنی است که متغیرهای اتصال دهنده متناظر بدون پیشوند "جریان" (در اینجا v) یکسان هستند و متغیرهای جریان (در اینجا i) با معادلات جمع صفر تعریف می شوند. شکل ۶ این مورد را نشان می دهد.




شکل ۶: توضیح جزء ارتباطی پُرت

**۲) مدل سازی سیستم:** یک مدل سیستم از مدلهای پایه با اتصال کانکتورهای مدل و تسریع مدلها با مقادیر مناسب پارامترهای مدل ، تشکیل شده است. شکل ۷ یک سیستم مدار و مدل سیستم مربوطه آن را شرح می دهد.




شکل۷: نمونه ی سسیتم مدار

## ۵- نتیجه گیری

با ورود بحران‌های جدید در حوزه سلامت جوامع انسانی، دانشجویان زیادی با چالش آموزش مهارتی و عملی واحدهای درسی مواجه می شوند. برای پاسخگویی به تقاضای آزمایش دانشجویان از تمام مراکز با منابع با قابلیت اطمینان بالا، استفاده از سیستمهایی نظیر آزمایشگاه مجازی مهندسی برق بر مبنای اینترنت همچنین دانشجویان را قادر می سازد تا بصورت آنلاین و همزمان با اموزش الکترونیکی سایر دروس، نتایج آزمایش تا شبیه سازی آنلاین را بین ابزارهای فیزیکی و ماژول شبیه سازی مجازی مقایسه کنند که باعث می شود دانشجویان عمیق تر آزمایش ها را درک کنند. مدل سازی یکپارچه با اضافه کردن مدل های جدید ، اساتید را از توسعه برنامه آزمایش جدید معاف می سازد. این شیوه آموزش برای دانشجویان مهندسی برق در زمان اپیدمی، ضمن کاهش مخاطرات شیوع بیماری، آسیب های ناشی ازعدمحضور در کلاسهای فیزیکی را تا حد زیادی جبران می شازد.

## مراجع

[1] Zhengyin Shi, Shenglin Zhao, Shan-an Zhu "An Internet-based electrical engineering virtual lab: Using Modelica for unified modeling", College of Electrical Engineering, Zhejiang University, n 03 March 2017.

[2] William Gerard Hurley, Senior Member, IEEE, and Chi Kwan Lee, "Development, Implementation, and Assessment of a Web-Based Power Electronics Laboratory", IEEE TRANSA TIONS ON EDUCATION, VOL.48, NO.4, Nov. 2005, pp.567-573.

[3] C. Schmid, "The virtual control lab VCLab for education on the web", Proc. Amer. Control Conf., vol. 2, pp.1314 -1318 1998.

[4] Donzellini, G. Ponta, D. "A Simulation Environment for e-Learning in Digital Design", Industrial Electronics, IEEE Transactions on, Volume: 54 Issue 6 pp. 3078 - 3085, Dec. 2007.

[5] B. L. Sturm and J. D. Gibson, "Signals and systems using MATLAB:An integrated suite of applications for exploring and teaching media signal processing," in Proc .. 35th Frontiers in Education Cont', Indianapolis, IN, Oct. 2005, pp. F2E-21-F2E-25.

[6] M. de Magistris, "A MATLAB-based virtual laboratory for teaching introductory quasi-stationary electromagnetics," IEEE Trans. Educ., vol.48, no. I, pp. 81-88, Feb. 2005 .

[7] P. Fritzson, "Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 2.1", Wiley-IEEE Press, Piscataway, NJ, 2004 .

[8] Dempsey, M. "Dymola for Multi-Engineering Modelling and Simulation", Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC '06. 1 EEE, pp.l, 2006 .

[9] W. Li, A. Abel, K. Todtennuschke, and T. Zhang, "Hybrid Vehicle Power Transmission Modeling and Simulation with SimulationX", Proceedings of International Conference on Mechatronics and Automation (lCMA'07), Linkiiping, Sweden, pp.l71 0-1717, 2007.

[10] V. Hiupic, "Simulation software an Operational Research Society survey of academic and industrial users", Proceedings of the 32nd Conference on Winter Simulation, Orlando, Florida, Vo1.2, pp.1676-1683, 2000.

[11] http://java.sun.com/j2ee/overview.html