کاربرد دورآزمایشگاه در دانشگاه مجازی

سهیل گنجه فر*

چکیده: میزان توسعه و کاربرد فناوری اطلاعات و ارتباطات در امر آموزش یکی از مهمترین شاخصهای پیشرفت هر کشور به شمار می‌رود. لذا پدیدهٔ آموزش مجازی و یا آموزش الکترونیکی می‌تواند یکی از عاملهای مهم جهش علمی، پژوهشی و فرهنگی محسوب شود. یکی از ملزومات موفقیت آموزش الکترونیکی به کارگیری دورآزمایشگاهها در کنار سیستم آموزش از راه دور است. هدف از این مقاله آشنایی خوانندگان با سیستمهای دور آزمایشگاه و به کارگیری آنها در دانشگاه مجازی است. در این مقاله، ضمن تعریف یک سیستم دورآزمایشگاه، قابلیتهای مختلف آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. نقش سیمولاتور در افزایش قابلیتهای یادگیری دانشجویان در سیستمهای دور آزمایشگاه بحث می‌شود و در ارائهٔ نمونه‌ای از یک سیستم دورآزمایشگاه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

کلیدواژه: سیستمهای دورعملیات، دانشگاه مجازی، دورآزمایشگاه.

مقدمه

شکل‌گیری اینترنت و فناوری وب در سالهای اخیر خود گواهی بر تغییر سیستم آموزشی است. آموزش از طریق وب، آموزش از راه دور، کتابهای الکترونیکی و محیطهای آموزشی دو طرفه نقش بسیار مهمی را در آموزش و یادگیری در آیندهٔ نزدیک ایفا خواهند کرد. این مقاله ابتدا سیستمهای دور عملیات را معرفی می‌کند و با ارائهٔ کاربردهای مختلف آن به یکی از آن کاربردها، یعنی سیستمهای دورآزمایشگاه(telelab) می‌پردازد. چشم انداز آیندهٔ آموزش از راه‌دور را در آمریکا هریس در سال ۱۹۹۹ مورد بررسی قرار داده است. در این کار تحقیقاتی، مهندسی نرم‌افزار در آموزش زمان واقعی به عنوان یک بازار مهم و یک فرصت شغلی معرفی شده است. در سال ۱۹۹۹ سیستم آموزش تحت وب بررسی شده است (آسرهوفر، ۱۹۹۹). در همان سال، پویندکسر و هک سیستمهای آموزش تحت وب در سیستمهای کنترل را در مقالهٔ خود ارائه کردند.

دورآزمایشگاهها را می‌توان به سه گروه عمده دسته‌بندی کرد. گروه اول، آزمایشگاههای مجازی، گروه

*عضو هیئت‌علمی دانشگاه بوعلی سینای همدان و پژوهشگر پژوهشکدهٔ فناوری اطلاعات دانشگاه تربیت مدرس.

دوم آزمایشگاههای از راه دور و گروه سوم، آزمایشگاههای مجازی- از راه دور هستند. گروه اول، آزمایشگاههایی‌اند که به طور مجازی پیاده‌سازی می‌شوند و آزمایشهای مختلف را شبیه‌سازی می‌کنند. این آزمایشگاهها با به کارگیری رابطهای گرافیکی از راه دور امکان ارتباط را بر قرار می‌سازند. نمونه‌ای از این آزمایشگاهها که در دانشگاه ادینبره با رابطهای نرم‌افزاری و جاوا پیاده‌سازی شده قابل دسترس است (مریک، ۱۹۹۶). در آزمایشگاههای مجازی دانشجو از راه دور به سرور آزمایشگاه متصل می‌شود و آزمایش مورد نظر را انتخاب می‌کند و برخی پارامترهای آزمایش را تغییر می‌دهد و برنامهٔ شبیه‌سازی را اجرا می‌کند. سپس نتایج آزمایش را به صورت متن و یا گرافیکی با فرمتهای مختلف دریافت می‌کند.

محیطهای نرم‌افزاری ایجاد شده از طریق MATLAB به عنوان هستهٔ آزمایشگاههای مجازی مورد بررسی قرار گرفته‌اند (لی و دیگران، ۱۹۹۸؛ اشمید ۱۹۹۸). مزایای نرم‌افزار MATLAB نسبت به نرم‌افزار جاوا در به کارگیری آزمایشگاههای مجازی در رشتهٔ برق و کنترل، استاندارد بودن آن به عنوان ابزار محاسباتی برای کاربردهای سیستم کنترلی است. در چنین حالتی دانشجویان نیازی به فراگیری زبان جدیدی نخواهند داشت. در تحقیق دیکسون و دیگران (۲۰۰۱)، نمونه‌ای از سیستم پیاده‌سازی شده در محیط MATLAB به نمایش گذاشته شده است.

گروه دوم (آزمایشگاههای از راه دور)، آزمایشگاههایی هستند که دانشجو می‌تواند با آزمایشهای واقعی از راه دور از طریق اینترنت ارتباط برقرار کند. عموماً دانشجویان از راه دور از طریق وب می‌توانند تعدادی از پارامترها را تغییر و آزمایش دلخواه خود را انجام دهند. سپس، می‌توانند نتایج را مشاهده و داده‌های مورد نظر را با فرمتهای مختلف دریافت کنند. در پژوهشهای نایت (۱۹۹۶)، شاهین (۱۹۹۸)، و هنری (۱۹۹۸) می‌توان نمونه‌های پیاده‌سازی شده را مشاهده کرد. وکسل آزمایشگاههای از راه دور و آزمایشگاههای مجازی را با یکدیگر مقایسه کرده است. در این کار تحقیقاتی یک آزمایش به دو صورت مجازی و واقعی پیاده‌سازی شده است. در انتها نویسندگان مقاله به این نتیجه رسیده‌اند که آزمایشگاههای مجازی برای شبیه‌سازی مفاهیم نظری مناسب هستند، اما جایگزین پروسه‌های واقعی نیستند، زیرا امکان ایجاد کلیهٔ رفتارهای سیستم واقعی را ندارند.

گروه سوم، آزمایشگاههای مجازی- از راه دورند که ترکیبی از دو آزمایشگاه قبلی هستند. این گروه از آزمایشگاهها، کاملترین نوع آزمایشگاههایی‌اند که شامل مزایای هر دو گروه قبلی هستند. در این‌گونه از سیستمها دانشجو ابتدا با اتصال به آزمایشگاه، آزمایش مربوطه را به روش شبیه‌سازی اجرا می‌کند، پس از اجرای کامل و پاسخ دادن به سؤالهای سیستم هوشمند مربوطه، اجازهٔ کار با سیستم واقعی را پیدا خواهد کرد. نمونه‌ای از این آزمایشگاه در پژوهشکدهٔ فناوری اطلاعات دانشگاه تربیت مدرس در حال پیاده‌سازی است.

معرفی سیستمهای دورعملیات

به طورکلی، سیستم حرکت از راه دور تعمیمی از حسهای انسان و توانایی انجام دادن کارها با بازوی مکانیکی در یک موقعیت دور است (شریدن،۱۹۸۹).

در حالت کلی، یک سیستم استاندارد حرکت از راه دور به این صورت عمل می‌کند کـــه اپراتور از طریق یک بازوی مکانیکی در سیستم فرمانده (masters) با اعمال یک نیرو فرمان خود را صادر می‌کند. با اعمال این نیرو بازوی مکانیکی با سرعت v حرکت می‌کند که این سرعت از طریق کانال ارتباطی بـه

شکل ۱. سیستم حرکتی از راه دور

سیستم فرمانبر (slaves) که آن هم شامل یک بازوی مکانیکی است منتقل می‌شود.

بدین‌ترتیب، بازوی مکانیکی به سرعت فرمانها را منتقل می‌کند، پاسخها را می‌گیرد و نیرویی در محیط کار تولید می‌کند. این نیرو مجدداً توسط کانال انتقالی به سیستم فرمانده منتقل می‌شود (شکل۱) .

طبق‌تعریف، وقتی نیروی تماس از طریق محرک فرمانده به اپراتور منتقل می‌شود، به سیستم حرکتی از راه دور مربوطه سیستم دو طرفه یا force reflecting گفته می‌شود (سالکودن، ۲۰۰۰).

با توجه به نوع سیستم و فاصلهٔ سیستم فرمانده از سیستم فرمانبر کانال ارتباطی را می‌توان به دو صورت دسته‌بندی کرد:

۱) اگر فاصلهٔ بین سیستم فرمانده و سیستم فرمانبر کم باشد، کانال ارتباطی مکانیکی ذکر شده در بخش قبلی از طریق بازوی مکانیکی منتقل می‌شوند.

۲) در صورتی که فاصلهٔ بین سیستم فرمانده و سیستم فرمانبر زیاد باشد، کانال ارتباطی الکتریکی است و کمیتهای مورد نظر به صورت الکتریکی منتقل می‌شوند (ورتو).

با توجه به پیشرفت علوم کامپیوتر و ایجاد شبکهٔ جهانی اینترنت در سالهای اخیر و همگانی بودن این شبکهٔ کامپیوتری استفاده از این شبکه دراجرای اعمال واقعی از راه دور در آینده‌ای نزدیک امری بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

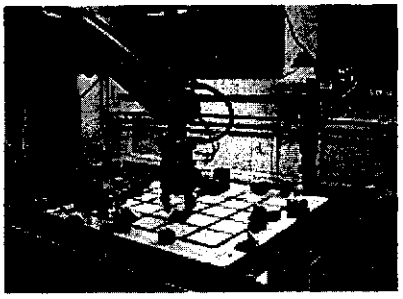
نکتهٔ مهم در این‌گونه سیستمها (حرکت از راه دور)، که به صورت سیستم حلقه‌ای بستهٔ کنترل مکان و سرعت معرفی می‌شوند، وجود تأخیر زمانی متغیر با زمان است و چون در شبکهٔ اینترنت، Round Trip Time در ارسال سیگنال از مبدأ به مقصد با ارسال سیگنال از مقصد به مبدأ متفاوت است. بنابراین، در سیستمهای حرکت از راه دور دوطرفه بر اساس اینترنت، دو زمان تأخیر متغیر با زمان $\tau_1(t)$ و $\tau_2(t)$ وجود دارد. وجود چنین تأخیرهایی در سیستم، کنترل سیستم را دشوار و کارایی سیستم را کاهش می‌دهد. برای کاهش اثر تأخیر زمانی در سیستمهای حرکت از راه دور کارهای مختلفی انجام شده است.

کاربردهای مختلف سیستمهای دورعملیات

با توجه به توضیحات ارائه شده در بخش قبل فعالیتهای وسیعی در دانشگاههای مختلف دنیا شروع شد. با حل مشکلات مختلف پیاده‌سازی سیستمهای دور عملیات، در آزمایشگاههای مختلف دانشگاههای دنیا، کاربردهای مختلفی برای سیستمهای دورعملیات شکل گرفت، به طوری‌که روز به روز، کاربردهای جدیدتری به کاربردهای قبلی افزوده می‌شود. برخی از کاربردهای سیستمهای دور عملیات عبارت‌اند از:

- روباتهای قابل کنترل از راه دور
- باغبانی از راه دور(telegarden)
- تلسکوپهای قابل کنترل از راه دور
- جراحی از راه دور
- وسایل خانگی قابل کنترل از راه دور
- اکتشاف در زیر دریا
- محیطهای خطرناک
- دور آزمایشگاهها

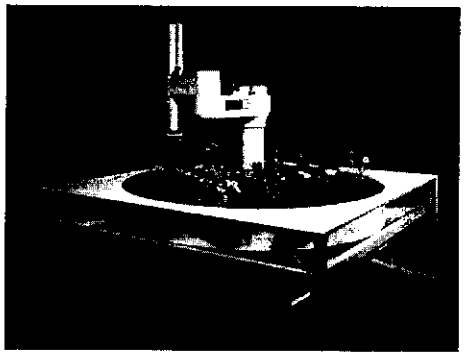
تله‌روباتها، روباتهایی هستند که دستورالعملها را از راه دور دریافت می‌کنند. در تله‌روباتها کاربر دستورالعملها را از راه دور (اینترنت) صادر و نتایج را از طریق سنسورها دریافت می‌کند.



شکل۲. روبات قابل کنترل از راه دور

تله‌گاردن روباتی از راه دور است که کاربر از راه دور قادر به تماشا و نگهداری گیاهان یک باغ واقعی است. کاربران

در هنگام کار در باغ، فرد دیگری را نمی‌بینند، اما می‌توانند با تمام کاربران دیگری که در باغ کار کرده‌اند ارتباط برقرار و مشورت کنند.

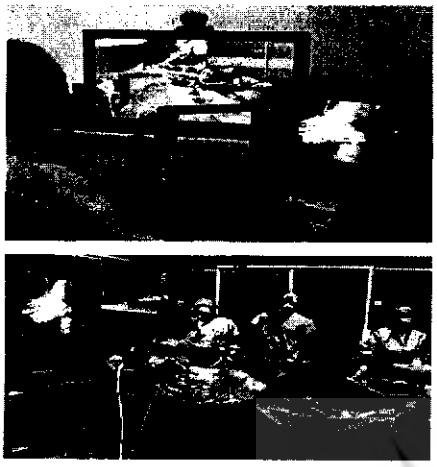


شکل۳. سیستم باغبانی از راه دور

تلسکوپ قابل کنترل از راه دور تلسکوپی از راه دور است که می‌تواند شرایط مساعد جوی را برای رصد کردن ستارگان تشخیص دهد و به طور خود کار تصاویری را تهیه کند. با این کار دیگر نیازی به اتلاف وقت ستاره‌شناسان تا صاف شدن هوا نیست.

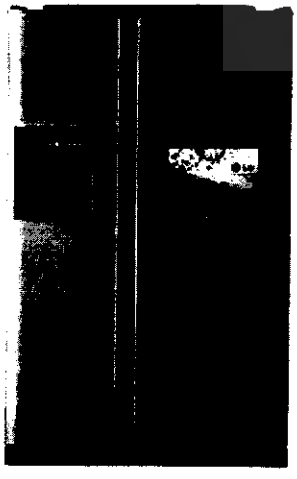
شکل٤. تلسکوپ قابل کنترل از راه دور

جراحی از راه دور: در جراحی از راه دور تمام اعمال از طریق ابزار و تجهیزات تصویربرداری نصب شده در اتاق عمل صورت می‌گیرد. در جراحی از راه دور حرکات صحیح روباتهای نصب شده در اتاق عمل دارای اهمیت بسیار زیادی است، زیرا کوچکترین حرکت اشتباه باعث صدمه به بیمار می‌شود.

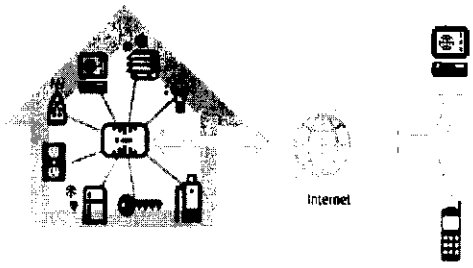


شکل٥. نمونه‌ای از سیستم جراحی از راه دور

وسایل خانگی قابل کنترل از راه دور، وسایل خانگی هستند که کاربر می‌تواند آن را از راه دور از طریق موبایل و یا اینترنت کنترل کند. در آینده‌ای نزدیک با شبکه کردن کلیهٔ وسایل خانه می‌توان آنها را به هم مربوط کرد. در شکل (۶) نمونه‌ای از یخچالی را مشاهده می‌کنید که ممکن است به طور اتومات به اینترنت متصل شود و مواد مصرفی مورد نیاز خود را از طریق اینترنت سفارش دهد.

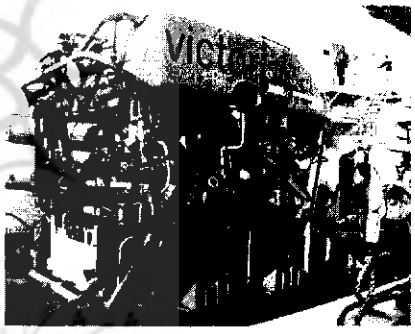


شکل٦. نمونه ای از یخچال قابل کنترل از راه دور



شکل۷. نمونه ای از شبکهٔ داخلی لوازم منزل

اکتشاف در زیر دریا: در بسیاری از نواحی انجام دادن آزمایش و تحقیق کار دشواری است. اعماق دریا ازجمله نواحی هستند که انجام تحقیقات به دلیل عدم امکان حضور انسان کار دشواری است. در چنین نواحی می‌توان از قابلیتهای سیستمهای دور عملیات سود جست. در شکل (۸) نمونه‌ای از این نوع سیستم را مشاهده می‌کنید.



شکل۸. نمونه‌ای از زیردریایی قابل کنترل از راه دور

دورآزمایشگاهها: سیستمهایی هستند که امکان انجام دادن آزمایش از راه دور را برای محققان فراهم می‌سازند. این آزمایشگاهها در آینده‌ای نزدیک در ایجاد دانشگاههای مجازی نقش اساسی ایفا خواهند کرد.

شکل۹. نمونه ای از یک دورآزمایشگاه

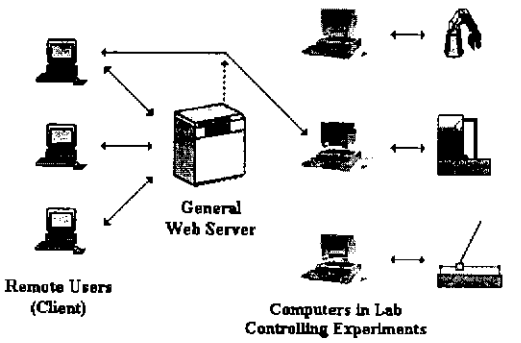
معرفی سیستمهای دورآزمایشگاه

دانشجویان دانشگاههای مجازی همان‌طور که قادر به فراگیری دروس نظری از راه دور هستند، باید قادر به انجام آزمایشهای خود از راه دور باشند. برای آنکه حضور فیزیکی دانشجویان در محیطهای آزمایشگاهی الزامی نباشد باید سیستمی طراحی کرد تا به گونه‌ای دانشجویان قادر باشند از راه دور آزمایشهای مورد نیاز خود را اجرا و بر روی نتایج بحث کنند. با به‌کارگیری دورآزمایشگاهها نه تنها می‌توان کیفیت آموزشی را در دانشگاههای مجازی حفظ کرد، بلکه می‌توان آن را افزایش داد. یک شرط مهم برای یادگیری مناسب، استفادهٔ مکرر دانشجو از سیستم آموزش الکترونیکی است و شرط استفادهٔ مکرر، سادگی و در دسترس بودن سیستم مربوطه است. سادگی در به کارگیری سیستم یکی از پارامترهای مهم در طراحی این‌گونه سیستمها محسوب می‌شود.

هدف از به کارگیری یک سیستم دورآزمایشگاه، فراهم کردن محیطی است که دانشجو بتواند به راحتی از طریق اینترنت با مجموعه‌ای از سیستمهای فیزیکی آزمایشگاهی ارتباط دوطرفه برقرار کند.

در چنین سیستمی دانشجو قادر خواهد بود آزمایش مورد نظر خود را فعال کند و پارامترهای کنترلی را تغییر دهد و از راه دور نتایج را تحلیل کند. سیستم دورآزمایشگاه اجازه می‌دهد تا دانشجو کنترل‌کننده‌ای را که طراحی کرده است به جریان فیزیکی مورد نظر اعمال و عملکرد کنترل‌کننده را بر روی سیستم واقعی امتحان کند. در شکل (۱۰) نمونه‌ای از یک سیستم دورآزمایشگاه را مشاهده می‌کنید.

چهار پارامتر مهم در طراحی و ساخت یک دورآزمایشگاه وجود دارد که باید به آن توجه کرد.



شکل ۱۰. نمونه‌ای از ساختار یک دورآزمایشگاه

۱. فعال بودن

دورآزمایشگاهی که دور از کاربر است، باید جریان یادگیری را تسهیل سازد. در دورآزمایشگاه، دانشجو به مجموعهٔ کاملی از دستورالعملها وارد می‌شود که باید مشابه یک آزمایشگاه واقعی قادر به انجام اعمال مشابه باشد. دانشجو باید قادر به تصمیم‌گیری در این محیط باشد و در انجام دادن اشتباههایی که منجر به یادگیری وی می‌شود، آزادی کامل داشته باشد.

۲. قابلیت استفادهٔ کامل

مشابه بیشتر کاربردهایی که بر روی اینترنت اجرا می‌شود، یک دورآزمایشگاه در ۲۴ ساعت روز قابل استفاده است. این قابلیت به این نکته اشاره می‌کند که سیستم ایمنی همواره باید فعال باشد. هر آزمایشِ یک سیستم دورآزمایشگاه باید با سیستم خودمحافظ، محافظت شود تا مانع وقوع خطرهایی در محیط آزمایشگاه برای افرادی که در محیط آزمایشگاه در حال کارند، شود. بدون چنین تجهیزاتی، امکان شکستن تجهیزات، ایجاد شوکهای الکتریکی و سایر موارد وجود دارد که قابلیت استفاده سیستم را کاهش می‌دهد.

۳. قابلیت دسترسی

استفاده از اینترنت به دانشجویان اجازه می‌دهد تا بسیار راحت از هر نقطهٔ دنیا به آزمایشگاه متصل شوند. برای این ارتباط فقط به یک اتصال به اینترنت و یک مرورگر اینترنت نیاز هست تا به صفحهٔ وب آزمایشگاه متصل شوند. در ضمن با توجه به وجود سیستم یادگیر هوشمند در سیستم دورآزمایشگاه دانشجو می‌تواند با حضور در منزل به فراگیری کامل آزمایشها دست یابد.

۴. سادگی تجهیزات

دانشجویی که قصد ارتباط دوطرفه با سیستم دور آزمایشگاه را دارد باید ضروریات کنترل سیستم را بشناسد. این ضروریات ممکن است مدل جریان و طراحی‌کنترل‌کننده باشند (در آزمایشگاه کنترل). در چنین سیستمهایی دانشجو می‌تواند از رویارویی با جزئیات و مسائلی که تکنسین آزمایشگاه با آنها مواجه می‌شود، خودداری کند.

انواع سیستمهای دورآزمایشگاه

مطابق با توضیح ارائه شده در بخش مقدمهٔ مقاله، سیستمهای دورآزمایشگاه را می‌توان به سه گروه دسته‌بندی کرد:

۱. **سیستمهای آزمایشگاه مجازی** آزمایشگاههایی هستند که آزمایشهای مورد نظر را با استفاده از کامپیوتر به طور مجازی شبیه‌سازی می‌کنند. در این‌گونه از آزمایشگاهها، آزمایشات به صورت واقعی پیاده‌سازی نمی‌شوند، ولی با استفاده از رابطهای گرافیکی مناسب شرایط یک آزمایش واقعی تا حدود زیادی برای دانشجو فراهم می‌شود. همان‌طور که در بخش مقدمه توضیح داده شد، هیچ‌گاه چنین آزمایشگاهی قادر به جایگزینی کامل آزمایشگاههای واقعی نخواهد بود. در چنین آزمایشگاههایی دانشجو از راه دور به سرور آزمایشگاه مجازی متصل می‌گردد، آزمایش موردنظر خود را انتخاب می‌نماید، اطلاعات لازم مربوط به آزمایش را کسب می‌کند، سپس از راه دور برنامه شبیه‌ساز آزمایش را اجرا می‌کند. بر اساس نیاز برخی از پارامترهای

آزمایش را تغییر می‌دهد. نتایج را به صورت گرافیکی بر روی کامپیوتر خود مشاهده می‌کند. در صورت تمایل خروجیهای آزمایش را با فرمت موردنظر خود دریافت می‌کند.

۲. **سیستمهای آزمایشگاه از راه دور**، سیستمی است که به طور واقعی آزمایشها را پیاده‌سازی می‌کند. در این‌گونه از سیستمها عموماً از کامپیوتر برای کنترل و نظارت هر آزمایش واقعی استفاده می‌شود. مطابق شکل۱۰، این کامپیوترها وظیفهٔ ارتباط با آزمایش، ثبت نتایج آزمایش، تهیهٔ فرمتهای مختلف داده‌ها و کنترل دوربین برای تهیهٔ تصاویر واقعی از آزمایش را برعهده‌دارند. واضح است که در صورت مشغول بودن یک آزمایش توسط یک یا گروهی از دانشجویان، این آزمایش برای سایر دانشجویان تا آزاد شدن آن قابل استفاده نخواهد بود. در چنین آزمایشگاههایی یک دانشجو از راه دور به سرور آزمایشگاه از راه دور متصل می‌شود. سپس، آزمایش مورد نظر خود را انتخاب و اطلاعات لازم مربوط به آزمایش را کسب و از راه دور با تجهیزات سخت‌افزاری آزمایش ارتباط برقرار می‌کند و بر اساس نیاز برخی از پارامترها را تغییر می‌دهد. نتایج را به صورت گرافیکی بر روی کامپیوتر خود مشاهده و در صورت تمایل خروجیهای آزمایش را با فرمت موردنظر دریافت می‌کند.

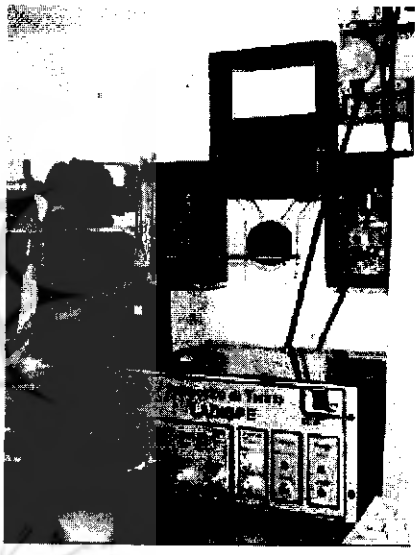
۳. **سیستمهای آزمایشگاه مجازی ـ از راه دور**، این‌گونه از سیستمها کاملترین نوع سیستمهای دورآزمایشگاه هستند. این گروه از دورآزمایشگاهها به گونه‌ای طراحی می‌شوند تا مزایای دو گروه Virtual Lab و Remote Lab را دارا باشند. در مواردی که آموزش دانشجو دارای اهمیت زیادی باشد و کار کردن با سیستم واقعی نیاز به کسب مهارت داشته باشد از این گروه از آزمایشگاهها استفاده می‌شود. گرچه هزینهٔ طراحی و پیاده‌سازی این‌گونه از آزمایشگاهها در مقایسه با دو گروه قبلی بیشتر است، اما به دلیل برخورداری از مزایای بیشتر دارای کارایی بسیار بیشتری است. در چنین سیستمهایی ابتدا دانشجو از راه دور به سرور آزمایشگاه مجازی ـ از راه دور متصل می‌شود؛ سپس، آزمایش موردنظر را انتخاب و اطلاعات لازم مربوط به آزمایش را دریافت می‌کند. در طی چند مرحله تبادل پرسش و پاسخ بین سیستم دورآزمایشگاه و دانشجو، اجازه ورود وی به شبیه‌ساز آزمایش داده می‌شود. دانشجو پس از گذر از مرحلهٔ آموزش و بخش شبیه‌ساز به بخش سخت افزاری وارد می‌شود. سپس با تجهیزات سخت افزاری آزمایش ارتباط برقرار می‌کند. براساس نیاز، برخی از پارامترها را تغییر می‌دهد. نتایج را به صورت گرافیکی بر روی کامپیوتر خود دریافت و، در صورت تمایل، خروجیهای آزمایش را با فرمت مورد نظر دریافت می‌کند. درگذر از هر مرحله، بر اساس کار انجام شده و نتایج آزمایش گزارشی به استاد مربوطه ارسال می‌شود.

نمونه‌ای از یک سیستم دورآزمایشگاه

در این بخش چند نمونه از دورآزمایشگاههای پیاده‌سازی شده به همراه قابلیتهای مختلف آنها به نمایش گذاشته می‌شود.

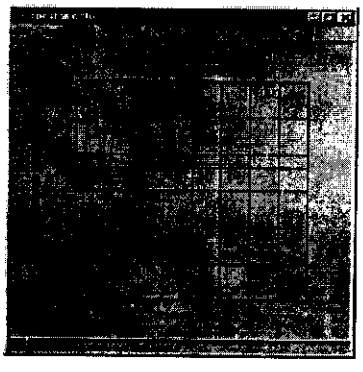
در شکلهای (۱۱)و(۱۲) دو نمونه از دور آزمایشگاههای مختلف را مشاهده می‌کنید. در شکل (۱۱) نمونه‌ای از موتور DC را مشاهده می‌کنید که از راه دور قابل کنترل و راه‌اندازی است. در شکل(۱۳) نمونه‌ای از خروجیهای به دست آمده را مشاهده می‌کنید.

شکل۱۱. نمونه‌ای از موتور DC قابل کنترل از راه دور

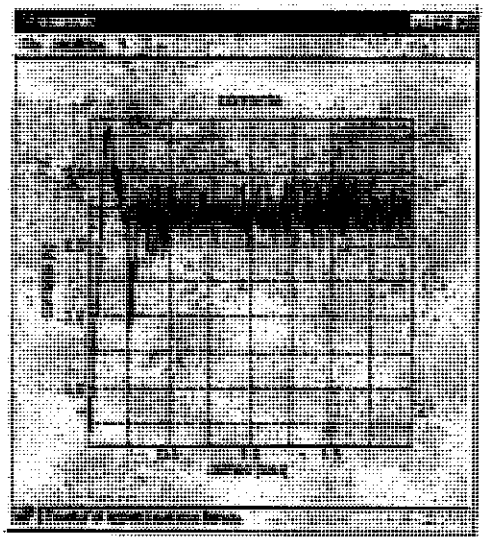


شکل۱۲. نمونه‌ای از یک دورآزمایشگاه

همان‌طور که قبلاً تشریح شد، در سیستمهای دورآزمایشگاه دانشجو قادر به تغییر پارامترها و مشاهدهٔ نتایج مختلف آزمایش است. در شکلها (۱۳) و (۱۴) دو نمونه از خروجیهای آزمایش که قابل دسترس هستند، مشاهده می‌شود.

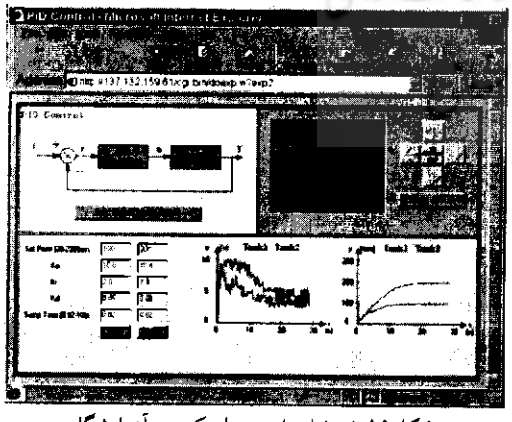


شکل۱۳. نمونه‌ای از خروجی آزمایش



شکل۱۴. نمونه‌ای از خروجی آزمایش در حالتی دیگر

در سیستمهای دورآزمایشگاه، دانشجو قادر به تغییر پارامترهای کنترلی و حتی قادر به تغییر ساختار کنترل‌کننده هست. نمونه‌ای از این قابلیت در شکل (۱۵) نمایش داده شده است. در این شکل همان‌طور که مشاهده می‌کنید؛ دانشجو قادر به تغییر پارامترهای کنترلیPID است. در عمل این محیط یک محیط بسیار مناسب برای دانشجویانی است که با نظریهٔ کنترل‌کنندهٔ PID آشنا هستند و نیازمند محیطی برای آزمون افکار خود در این زمینه هستند.



شکل۱۵. نمونه‌ای از محیط یک دورآزمایشگاه

نتیجه‌گیری

امروزه اینترنت به‌عنوان نیرومندترین ابزار **برابرسازی و توانمندسازی** شناخته می‌شود. لذا آشنایی با فناوری

اطلاعات، توسعهٔ هرچه سریعتر آن و استفاده از همهٔ امکاناتش، از الزامات فوری زیستن در این جهان است. برای کاهش فاصلهٔ کشور عزیزمان با سایر کشورهای توسعه یافته، آشنایی با این فناوری و کلیهٔ امکاناتش از ملزومات اساسی است. از زمان شکل‌گیری و توسعهٔ فناوری اطلاعات (IT) زندگی بشر از جنبه‌های مختلفی دچار تحولات شگرفی شده است و در این میان کشور ما نیز درگذر از یک تحول تاریخی در شیوهٔ زندگی، یادگیری، کار، ارتباطات و فعالیتهای اقتصادی و اجتماعی قرار دارد. ما به عنوان سازندگان سرنوشت خود باید دست به کار شده و وارد عمل شویم. با به کارگیری دورآزمایشگاهها نه تنها می‌توان کیفیت آموزشی را حفظ کرد، بلکه می‌توان کیفیت را افزایش داد.

دورآزمایشگاهها از ملزومات دانشگاههای مجازی است. به کارگیری سیستمهای دورآزمایشگاه قابلیتهای آموزشی را افزایش می‌دهد. در چنین سیستمهایی امکان به کارگیری دورآزمایشگاهها برای دانشجویان سایر دانشگاهها فراهم است. در دورآزمایشگاهها امکان کار گروهی وجود دارد. به دلیل محدود نبودن دانشجو در زمان و مکان آزمایش و به دلیل اجرای متعدد آزمایش، درصد فراگیری دانشجو افزایش می‌یابد. در چنین سیستمی با کسب نمرات متعدد، به دلیل انجام آزمایشهای متعدد، نمرهٔکسب شدهٔ دانشجو به واقعیت نزدیکتر است. با به کارگیری چنین سیستمی می‌توان دانشجویان خلاق تربیت کرد. با تجهیز کردن چند دانشگاه کشور به سیستم دور آزمایشگاههای مجهز، امکان به کارگیری آنها از طرف دانشجویان مناطق محروم فراهم می‌شود.

منابع

Ausserhofer, A. (1999),"Web-based Teaching and Learning:A panacea?" IEEE Commun. Mag.,pp 92-96;

Dixon, W.E. Dawson, D.M. Cpstic, B.T. and de Queiroz, M.S. (2001), "Toward the Standardization of a MATLAB-based Control Systems Laboratory Experience for Undergraduate Students", in Proc. *American Control Conf.* Arlington, VA, pp.1161-1166;

Harris, D.A. (1999), "Online Distance Education in the United States" IEEE Commun. Mag., pp.87-91;

Henry. J.(1998), *Engineering Lab On Line.* University of Tennessee at chattanooga. [online]. Available: chem. engr.utc.edu;

Knight, C.D. and DeWeerth, S. P.(1996), "World Wide Webbased Automatic Testing of Analog Circuits", in Proc, Midwest Symp, Circuits and Systems, pp. 295-298;

Lee, K. M. Delay, W. and McKlin, T. (1998),"An Interactive Learning Tool for Dynamic Systems and Control", in Proc. *International Mechanical Engineering Congress & Exposition*, CA;

Merrick, C.M. and ponton, J.W. (1996), "The ECOSSE control hypercourse," Comput. chem. Eng., Vol. 20, pp. s1353-s1358;

Poindexter. S.E. and Heck, B. S."Using the Web in Your Courses: What Can You Do? What Should You Do?" IEEE Control Syst. Mag., pp.83-92, Feb. 1999;

Salcudean, Septimiu E. Ming Zhu.(2000), "Transparent Bilateral Teleoperation Under Position and Rate Control", *The International Journal of Robotics Research* Vol 19 No. 12 Dec. 2000;

Schmid, C. "The Virtual Lab VCLAB for Education on the Web", in Proc. *American Control Conf.* Philadelphia, PA, june 1998,pp.1314-1318;

Shaheen, M. K Loparo, and M.Buchner, (1998). "Remote Laboratory Experimentation", in Proc. *American Control Conf.* Philadelphia, PA, pp.1314-1318;

Sheridan, T.B. (1989) "Telerobotics", *Automatica*, 25 (4): 487-507;

Vertut, Jean and Philippe Coiffet, *Teleoperation And Robotics, Evolution And Development* Anchor Press Ltd;

Wxel, M. Gentil, S. Michau F. and D. Rey, (2000). "Simulation Workshop and Remote Laboratory: Two Web-based Training Approaches for Control", in Proc. *American Control Conf.*, Chicago,IL, pp.3468-3472■.