

## نقش اینترنت در آزمایشگاه‌های آموزشی و تحقیقاتی

فریدون شعبانی‌نیا و داود توکل‌پور  
دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز

**چکیده:** شبکه گسترده جهانی وب فرصت مناسبی برای طراحی و آنالیز سیستم‌های کنترل از طریق اینترنت به وجود آورده است. تعداد بسته‌های نرم‌افزاری بر پایه -وب برای یاری رساندن در امر آموزش و طراحی سیستم‌های کنترل در حال توسعه است. امروزه، یکی از کاربردهای جالب در سیستم‌های کنترل، آزمایشگاه‌های از راه دور است. در این مقاله ابتدا اطلاعاتی در باره آزمایشگاه از راه دور ارائه و سپس، دو قسمت اساسی؛ یعنی شبیه‌سازی و کنترل سیستم‌های واقعی با جزئیات همراه با تکنیک‌ها و روش‌های اصولی ویژه توضیح داده شده است. در پایان، آزمایش‌ها و خط‌مشی‌های جدید برای حالت واقعی و توسعه در آینده ارائه شده است.

**واژه‌های کلیدی:** آزمایشگاه از راه دور، کنترل برپایه -وب، شبیه‌سازی از راه دور، صفحات وب، Matlab، Lab VIEW، Ch، و java.

## ۱. مقدمه

گسترش روزافزون شبکه جهانی وب و دسترسی همه مردم جهان به آن به عنوان یک کانال ارتباطی سریع و گسترده، مهندسان و اهل فن در این زمینه را بر آن داشته است تا از قابلیت‌ها و کاربردهای مهم این شبکه ارتباطی استفاده لازم را ببرند.

یکی از این کاربردها، سیستم آزمایشگاه از راه دور است که در این زمینه به عناوینی چون نرم افزارها و سخت افزارها و خود شبکه و دیگر ملزومات آن اشاره می‌شود. در ارتباط با این موضوع، مؤسسات مختلفی به کار و تحقیق پرداخته‌اند که یکی از آنها مؤسسه تکنولوژی اطلاعات برقی IEI است.

برای چندین سال، مؤسسه تکنولوژی اطلاعات برقی<sup>۱</sup> روش‌های مختلفی را به منظور استفاده از تکنولوژی اینترنت برای آموزش گسترش داده است که نتایج آن به آسانی در وب سایت Information Technologyonline مربوط به IEI قابل دسترسی است. [http://www.iei.tu-clausthal.de/~promise/، ۱، ۲، ۱۶].

## ۲. آزمایشگاه از راه دور

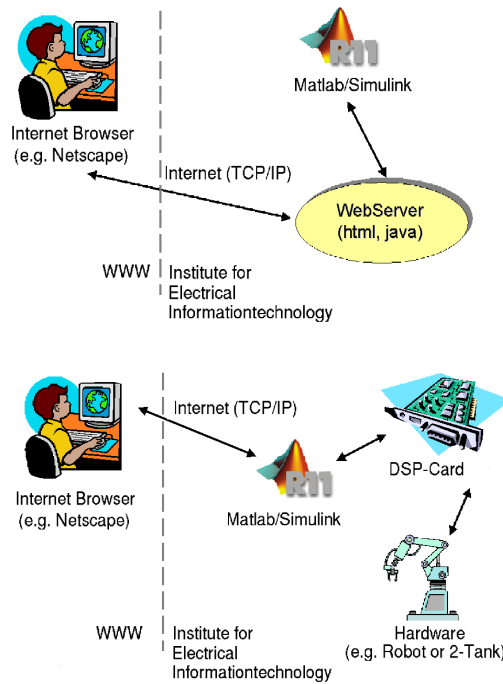
مؤسسه محیط آموزشی که «Information Technology online» نامیده می‌شود، به آسانی اطلاعات محیطی و آموزش‌هایی را از طریق اینترنت در اختیار قرار می‌دهد. برای مثال، تکنولوژی اطلاعات (IT) شامل آموزش‌های مختلفی برای تأمین آموزش‌ها در نواحی مختلف است. تأکید واقعی بر روی آموزش تئوری این کار با خط مشی‌های مختلفی با تجمعی از تکنولوژی‌های «آزمایشگاه از راه دور» صورت می‌گیرد.

برای طراحی این محیط، دنبال کردن چند موضوع مهم است: «یک کاربر، جستجوگر وب) و یک نرم‌افزار استاندارد مستقل از سیستم عامل» نیاز است تا آزمایشگاه از راه دور مورد استفاده قرار گیرد. صفحات وب استاندارد شده html وب بر اساس script

---

1 . IEI (Institute for Electrical Information technology)

از طریق این صفحات در شبیه‌سازی پیچیده از راه دور در دسترس، برای شبیه‌سازی با نرم‌افزار در سرور IEI می‌تواند پذیرفته شود (شکل ۱، قسمت بالا). بعد از طراحی موفقیت‌آمیز کنترل، سیستم آزمایشگاه از راه دور می‌تواند بر روی سخت‌افزار مرتبط جاسازی شده در سیستم IEI مورد استفاده قرار گیرد. بعد از به کارگیری، سیستم آزمایشگاه از راه دور می‌تواند اجرا شود و در آن می‌تواند طرح‌های اندازه‌گیری همزمان (بلادرنگ) متصور شود (شکل ۱، قسمت پایین) و به کمک دوربین دیجیتالی متصل به کامپیوتر (webcams) می‌توان تصاویر ارسالی را دریافت کرد.



شکل ۱ - ساختاری از ارتباط برای شبیه‌سازی از راه دور (بالا) و برای کنترل سخت افزار از راه دور (پایین).

در سیستم آزمایشگاه از راه دور نرم افزارهای کاربردی خاصی از جمله MATLAB, Java, Lab VIEW, Ch به کار می روند که هر کدام خاصیت ویژه ای دارند. مثلاً java دارای تقابل دیتای خوب و محیط گرافیکی جالبی است. MATLAB توانایی بسیاری در محاسبات عددی و توابع ریاضی دارد. Ch به دلیل ادغام شدن دو نرم افزار توانای C++ و C دارای توانایی‌های خاصی در تقابل دیتا و محیط گرافیکی مناسب و محاسبات عددی بر پایه توابع ریاضی است. در LabVIEW به دلیل وجود جعبه ابزار سیستم کنترل توانا و مناسب و راحت برای کاربر، کار شبیه سازی از راه دور می تواند به خوبی صورت گیرد.

بر اساس VCLab (آزمایشگاه کنترل مجازی) [۸، ۹، ۱۱] که شامل Java applets و MATLAB plug-ins است، سیستم به کاربران اجازه می دهد تا دستورهای MATLAB را وارد صفحه وب کنند و این دستورها را برای اجرا در برنامه MATLAB ارائه می کنند. خروجی ایجاد شده توسط این فرمان ها می تواند بر روی برخی صفحات وب نشان داده شود. برای استفاده از محیط آموزشی بر پایه-وب نرم افزار MATLAB باید بر روی کامپیوتر کاربر حتماً نصب باشد. به جای استفاده از MATLAB-ins برای اجرا کردن محاسبات عددی در سمت کاربر، در برخی مواقع از Java applets در محاسبات عددی استفاده می شود. برای مثال، کاربرد Java applets را می توان در سیستم شبیه سازی ابزار کنترل کننده روبات با دو درجه آزادی بر پایه-وب و نیز آزمایشگاه کنترل مجازی بررسی کرد. پرداختن به کمبود امکانات محاسبات عددی توانا در Java و applet های آن، هر چند موارد استفاده Java applets به تنهایی در شبیه سازی سیستم های دینامیک محدود شده است، می تواند قابل توجه باشد.

سخت افزار مجتمع جاری در آزمایشگاه از راه دور شامل دو سیستم مکاترونیک است که یکی در وضعیت ساده کنترل برای شروع در فرایند کنترل قرار می گیرد و دیگری در وضعیت کنترل دو بعدی جای می گیرد (دو درجه آزادی). برای مثال، سرویس سیستم-دوتانک برای دانشجویان مهندسی قابل پردازش است. در پایان، روبات صنعتی IEI

می‌تواند از راه دور در پروژه‌های تحقیقی عمل کنترل را انجام دهد. آنچه گفته شد، دو قسمت اصلی از «آزمایشگاه از راه دور» است، مشروط بر اینکه شبیه‌سازی از راه دور به خوبی کنترل سخت‌افزار از راه دور بر روی اینترنت باشد، که نتیجه خوبی خواهد داشت. این ترکیب به کاربر اجازه می‌دهد تا یاد بگیرد و طراحی آزمایش کنترل به واقعیت نزدیک تر شود. این قسمت‌ها به طور مجزا توضیح داده شد و در قسمت‌های بعدی به تفصیل بیان می‌شوند.

### ۳. شبیه‌سازی از راه دور:

یک جزء اساسی از آموزش مودول<sup>۱</sup> امکان شبیه‌سازی رفتار دینامیکی از یک سیستم است که به ساختار کنترل‌کننده اتوماتیک و نیز به پارامترهای آن بستگی دارد. یک فرم HTML برای انتخاب نوع شبیه‌سازی مطلوب به خوبی برای ویرایش پارامترهای کنترل‌کننده به کار برده می‌شود. این اطلاعات از طریق Java Script به URL<sup>۲</sup> تبدیل می‌شود که آن به سرور وب منتقل می‌شود (شکل ۱، قسمت بالا).

بر روی سرور وب، Java Servlet برای آنالیز دیتای دریافت شده به کار می‌رود و بررسی می‌کند که آیا تابع منتقل شده اجرا شده است و اینکه پارامترها در محدوده و دامنه مطلوب قرار دارند؟ اگر جواب معتبر باشد، مقادیر عددی به Matlab منتقل و با تابع شبیه‌سازی انتخاب شده اجرا می‌شود [ که m-file نامیده می‌شود]. کاربر نتیجه را در یک معرفی‌کننده گرافیکی در جستجوگر وب مشاهده می‌کند.

یک ویژگی مهم این ساختار ارتباطی به کارگیری آسان توابع جدیدی است که به عنوان فایل‌های Matlab داده می‌شود. در مجموع، پارامترهای تابع می‌توانند معتبر شوند، قبل از اینکه فایل Matlab اجرا شود. استفاده از این ساختار ارتباطی، به دلیل تغییر دیتا بین

---

1 . Module

2 . Uniform Resource Locator, Link

کاربر و سرور، نمی‌تواند پیوسته باشد. این بدان معنی است که سرور توانایی آن را ندارد که دیتای ناخواسته را به سمت کاربر نفرستد [۴، ۳ و ۵].

#### ۴. WCDAS: طراحی و آنالیز سیستم کنترل بر پایه - وب

##### به کارگیری نرم افزار Ch

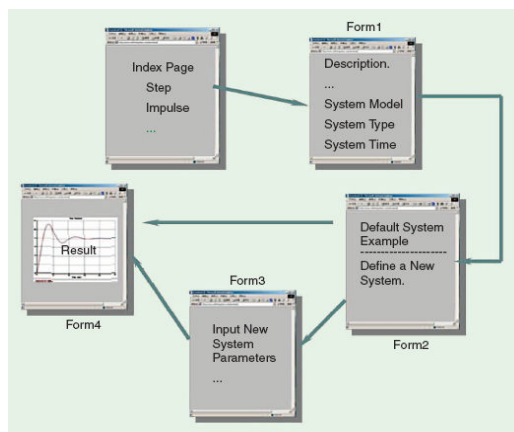
آزمایشگاه‌های بر پایه - وب می‌تواند به دو قسمت تقسیم شود: مجازی و از راه دور. یک آزمایشگاه مجازی به کاربر اجازه می‌دهد که به طور پیوسته فرایند شبیه‌سازی را از یک سرور دور دریافت کند. ماشین شبیه‌سازی در یک سرور می‌تواند MATLAB یا هر جعبه ابزار کنترل دیگری باشد.

یک آزمایشگاه از راه دور به یک دستگاه آزمایشگاهی فیزیکی اشاره دارد که برای کاربران از راه دور از طریق اینترنت دستیابی به آن میسر است. در اکثر آزمایشگاه‌های بر پایه - وب، MATLAB به عنوان ماشین محاسباتی به کار برده می‌شود [۱۲]. برای مثال، پیشنهاد شده است که برای آزمایشگاه از راه دور و آزمایشگاه مجازی از MATLAB و Java استفاده شود. در این سیستم یک صفحه وب با Java applets به عنوان تبادل متقابل گرافیکی کاربر (GUI) برای دسترسی به آزمایشگاه از راه دور مورد استفاده قرار می‌گیرد. محاسباتی برای طراحی کنترل کننده و آنالیز آن در قسمت جداگانه‌ای توسط MATLAB انجام می‌شود که این کار توسط یک سرور کاربردی که «آزمایشگاه مجازی اینترنت» نامیده می‌شود (IV-Lab)، انجام می‌گیرد. سرور کاربردی با سرور وب از طریق سوکت‌های TCP/IP ارتباط برقرار می‌کند. انجام دادن آزمایشگاه کنترل مجازی به دلیل عیب اصلی تبادل متقابل MATLAB در برنامه‌های خارجی پیچیده است. به همین دلیل، آزمایشگاه‌های از راه دور دیگر، از سرور وب MATLAB (MWS) برای ارتباط بین سرور وب و MATLAB استفاده می‌کنند [۱۳ و ۱۴].

هنگام به کارگیری MWS ارتباط بین سرور وب HTTP و MATLAB کم بازده است. آزمایش‌ها و نرم‌افزار بر پایه MWS برای گسترش یافتن و پشتیبانی کردن مشکل به نظر می‌رسد.

سیستم کنترل طراحی و آنالیز متقابل بر پایه - وب (WCDAS) [۱۵]، بر اساس Ch که مفسر C/C++ [۱۶ و ۱۷] و جعبه ابزار سیستم‌های کنترل Ch (CCST) [۱۸ و ۱۹] است، توسعه داده شده است. WCDAS تکنیک‌های مدرن و کلاسیک زیادی را برای طراحی و آنالیز سیستم‌های کنترل در بر می‌گیرد. بیشترین توابع در حمایت و تأمین سیستم، برای سیستم‌های خطی و تغییرناپذیر با زمان پیوسته زمانی و گسسته زمانی و سیستم‌های مدل شده با فضای حالت و تابع انتقال یا ارائه ضریب - صفر - قطب است. کاربر می‌تواند روش آنالیز و طراحی و نوع مدل ویژه سیستم و نوع سیستم و پارامترهای سیستم را در جستجوگر وب انتخاب کند.

این دیتا برای محاسبات عددی به سرور منتقل می‌شود و نتایج شبیه‌سازی از مسیر مشترک تقابل دیتا به سیستم کاربر که محیط تفسیری Ch (CGI) است، پس فرستاده می‌شود، زیرا CGIscripsts و برنامه‌های شبیه‌سازی در Ch نوشته می‌شوند تا تغییر دیتا بین سیستم کاربر و سرور به آسانی صورت گیرد. سیستم برای کار کردن با وب بدون نصب هیچ نرم‌افزاری، شکل سیستم یا برنامه‌نویسی می‌تواند در دسترس باشد. این سیستم بر پایه - وب برای آموزش مسائل تمرینی در طراحی و آنالیز سیستم‌های کنترل ایده‌آل است. بسته‌های نرم‌افزاری Ch، CCST، WCDAS بر روی وب برای دانلود کردن در دسترس هستند. در ادامه طراحی و به کارگیری WCDAS شرح داده شده است.



شکل ۲- خلاصه‌ای از تقابل دیتای کاربر در WCDAS

#### ۵. سیستم کنترل بر پایه - وب و Ch

زبان Ch، کامل شده مفسر زبان C است [۱۶ و ۱۷]. Ch همه ویژگی‌های زبان C را که در سال ۱۹۹۰ تأیید شده است، حمایت می‌کند [۲۰]. ویژگی‌های جدید عبارت‌اند از: اعداد مختلط، طول آرایه متغیر، محاسبات عدد اعشاری IEEE و نوع کلی توابع ریاضی‌وار. در مجموع، Ch کلاس‌های C++ را برای برنامه‌نویسی بر پایه - شیء حمایت می‌کند. شبیه بسته‌های نرم‌افزاری ریاضی دیگر مانند MATLAB و Ch ویژگی‌های نقشه‌کشی گرافیکی سه بعدی و دو بعدی را درون خود دارد و آرایه‌های محاسباتی برای محاسبات ماتریسی و آنالیز سیستم خطی با توابع آنالیز عددی پیشرفته بر پایه LAPACK را انجام می‌دهد. کاربرد برنامه‌نویسی تقابل دیتای (API) CGI در زبان Ch به آنها در صفحات سرور فعال (ASP) و صفحات سرور Java (JSP) شبیه است. چهار کلاس CServer، Crequest، Cresponse و CCookie در جعبه ابزار CGI در Ch تأمین می‌شوند [۲۱ و ۲۲]. برنامه‌نویسی CGI در Ch بدون همگرایی و لینک شدن تفسیر و مستقل از پایگاه است و به آسانی قابل نگهداری و



اشکال‌زدایی است. Ch به عنوان C قوی شده می‌تواند تقابل دیتایی با برنامه‌های C/C++ در هر دو نوع کد منبع و باینری استاتیک یا دینامیک را داشته باشد. Ch همچنین، می‌تواند در برنامه‌های کاربردی دیگر به عنوان Scripting Engine (ماشین تهیه فایل آغازگر) ادغام شود [۲۳].

CCST متمایل به-شیء (شیء گرا) [۱۸] در Ch توسعه یافته و نیز یک کلاس کنترلی C++ به وجود آمده است تا اکثر کلاس‌ها و تکنیک‌های کنترلی مدرن را حمایت کند. آنها عضو توابعی هستند که شامل اکثر توابع و دارای ویژگی‌هایی است که در جعبه ابزار سیستم کنترل MATLAB یافت می‌شود [۲۴]. مقایسه ویژگی‌های CCST و جعبه ابزار سیستم کنترل MATLAB شامل کد نمونه‌ای در دو برنامه MATLAB و Ch برای حل کردن مسائل شبیه به هم بر روی وب در دسترس است [۱۸]. CCST برای مدل کردن، طراحی و آنالیز سیستم‌های کنترل خطی تغییرناپذیر با زمان پیوسته زمانی یا گسسته زمانی در هر دو زمان و قلمرو فرکانسی و نیز به دلیل نمایش گرافیکی مطلوب کاربر، راحت و مناسب است. سیستم‌های کنترلی می‌توانند برای توابع انتقال، نمایش ضریب - قطب - صفر یا معادلات فضای حالت مدل شوند.

WCDAS با به کارگیری Ch، ChCGI و CCST گسترش داده شده است. برعکس آزمایشگاه‌های بر پایه - وب که ماشین MATLAB را به کار می‌برد، دیتا به وسیله سرور HTTP در این سیستم دریافت می‌شود و مستقیماً به ماشین محاسباتی در CGI بدون یک سرور کاربردی اضافی فرستاده می‌شود.

این حرکت رو به جلو به کارگیری سیستم‌های آنالیز و طراحی را در سیستم‌های کنترل بر پایه-وب بسیار آسان کرده است. با سیستم بر پایه-وب طراحی و آنالیز سیستم‌های کنترل با استفاده از جستجوگر وب بر روی ماشین کاربر بدون نصب هیچ گونه برنامه یا برنامه‌نویسی خسته‌کننده‌ای انجام می‌شود.

کاربر یک روش شبیه‌سازی، نوع سیستم، نوع مدل و دیگر پارامترها را در جستجوگر وب انتخاب می‌کند. این انتخاب‌ها و دیتا برای محاسبات، با به کارگیری Ch و CCST در CGI به سرور وب منتقل می‌شوند. متن یا نتایج گرافیکی برگردانده و در جستجوگر وب کاربر نمایش داده می‌شود.

#### ۶. کنترل سخت‌افزار از راه دور از طریق یک Pc مجهز به DSP

برای کنترل یک سیستم واقعی، یک فرایند ارتباطی دیگر باید گسترش یابد (شکل ۱ و پایین) تا یک تغییر دیتای دایمی را دنبال کند. در سمت کاربر، یک Java Applet به عنوان transmission control protocol در یک جستجوگر وب اجرا می‌شود.

Applet<sup>۱</sup> کانال‌های ارتباطی<sup>۲</sup> را به سمت یک سرور TCP که Matlab به کار برده شده است، باز می‌کند. در این Applet کاربر می‌تواند پارامترهای کنترل کننده ای را وارد کند که نتایج خوبی را در شبیه‌سازی داده است. این دیتا از طریق سوکت به سرور Matlab منتقل می‌شود. بعد از اینکه دیتا برای معتبر بودن مورد ارزیابی قرار گرفت، سرور Matlab دیتا را مستقیماً به یک سیستم زمان - واقعی دارای DSP<sup>۳</sup> می‌فرستد. این سیستم زمان - واقعی به وسیله کانال‌های A/D و D/A به طرح وصل می‌شود. بر روی DSP، کنترل کننده پارامتربندی شده عمل می‌کند و سیستم را کنترل می‌کند.

Applet به طور پرودیگ حالت‌های سیستم را جويا می‌شود. کاربر می‌تواند مقادیر به‌دست آمده را مشاهده کند، اما فقط در فرم عددی و گرافیکی. مقادیر توسط مبدل A/D در کارت DSP به‌دست می‌آید و مستقیماً از راه Matlab به سوی Applet منتقل می‌شود. دیتای منتقل شده به فرم بردارهای ASCII (اسکی) درمی‌آید و تماماً در فاصله زمانی

---

1. برنامه‌ای کاربردی در ویندوز که همراه سیستم عامل است.

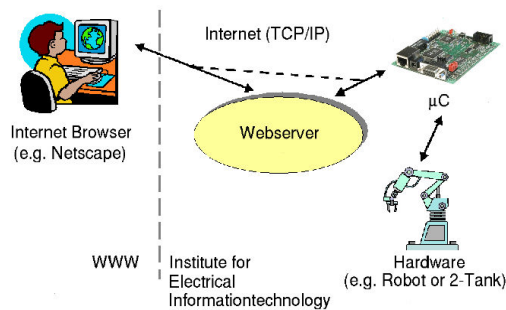
2. sockets

3. Digital Signal Processor

زیادی [تقریباً هر ۲ ثانیه] فرستاده می‌شوند. از این راه، سیستم می‌تواند کنترل شود و رفتار ویژه‌ای هنگامی که یک اتصال آرام (مودم و WAP) در دسترس باشد، داشته باشد. اتصال بین سیستم کاربر و سرور در مدت تغییر دیتا باز می‌ماند. یک وقفه در اتصال باعث خاموش شدن اتوماتیک سیستم می‌شود که دوباره به حالت امن و سالم بر می‌گردد. برای افزایش بیشتر سالم ماندن دیتا در مقابل دستکاری و به هم خوردن دیتا، تکنیک رمزدار کردن دیتا ممکن است در مرحله بعدی طراحی به کار گرفته شود [۴ و ۶].

#### ۷. کنترل سخت‌افزار از راه دور با یک میکرو کنترلر ادغام شده با کارت شبکه

یک حرکت رو به جلو کاملاً متفاوت، استفاده از یک میکرو کنترلر ( $\mu C$ ) مجهز شده با یک کارت شبکه - که سیستم ادغام شدنی نامیده می‌شود - است. در این راه ترکیب گران قیمت یک PC با یک کارت DSP نصب شده به این راه حل بسیار ارزان، تغییر می‌کند.  $\mu C$  با ساختار کنترل کننده‌ای کار کنترل واقعی را انجام می‌دهد و پارامترها در دسترس قرار می‌گیرند که در طول انجام یافتن عملیات بتوانند همزمان تغییر یابند. بنابراین، کاربر می‌تواند کنترل کننده را با مقادیر بهره محاسبه شده در شبیه‌سازی نصب کند. در شکل ۳ نصب بهبود یافته جایگزین شده سیستم PC مجهز شده با DSP با یک میکرو کنترلر نشان داده شده است [۴ و ۶].



شکل ۳ - ساختار ارتباطی برای نصب یک کنترل سخت‌افزار از راه دور با به کارگیری یک  $\mu C$

## ۸. مشکلات معمول

از آنجا که TCP/IP پروتوکول، نرخ انتقال ثابتی را نمی‌تواند ضمانت کند، تقاضاهای زمان واقعی ممکن است انجام نشوند. زمان‌های پاسخ به نسبت زیادی به استفاده واقعی از شبکه وابسته است. در طول گسترش و آزمایش فاز، برخی از مشکلات اساسی در موقع اتصال به Java پدیدار شدند. به ویژه در سرورها این رفتار قابل تحمل نیست. علاوه بر آن، روش‌های صحیح نسخه‌برداری برتر کاملاً دقیق صورت نمی‌گیرد. بنابراین، ممکن است ارتباط با وجود اتصال و اصلاح دیتای منتقل شده قطع شود.

## ۹. کاربرد نرم افزار Lab VIEW

نوشته زیر کاری است که با همکاری دو دانشگاه New Mexico (UNM) و Tennessee (UTC) به صورت مشترک صورت گرفته و در chattannga برای توسعه اینترنتی آزمایشگاه‌های عملیاتی مهندسی شیمی انجام پذیرفته است که در آن یک سیستم خودکار داخلی، کار کنترل آزمایشگاه را بر پایه وب توسعه داده است که سیستم‌های زنجیری یا شبکه‌ای یا آزمایشگاه کنترل نامیده می‌شود. آزمایشگاه CSC با یک سری جزوات در غالب دوره لیسانس و دوره کنترل در دپارتمان‌های دانشکده مهندسی برگزار می‌شود. همچنین، این آزمایشگاه طراحی و توسعه پروژه را برای دانشجویان دوره لیسانس در آن دپارتمان‌ها پیشنهاد می‌کند. آزمایشگاه CSC به دانشجویان کمک می‌کند تا خودشان با چنین نرم‌افزارهایی مثل MATLAB، MATHE، STATION CONTROL، SIMULINK و LabVIEW کار کنند.

آزمایشگاه CSC شامل هشت مرحله است که در اینجا تنها به ۳ قسمت آن اشاره می‌شود:

۱- نصب نرم‌افزار Lab VIEW

۲- کنترل سرعت موتور DC

۳- سیستم ۳ تانک

## ۱. نصب نرم افزار Lab VIEW

سه مرحله ساده برای دسترسی و کنترل آزمایش ها به صورت همزمان در Lab VIEW :

### ۱. دانلود کردن plug-Ins برای جستجوگر

Windows-

[http://digital.ni.com/softlib.nsf/websearch/57F2E10F3CD9306B86256B4100683DE1?open=document&node=132070\\_US](http://digital.ni.com/softlib.nsf/websearch/57F2E10F3CD9306B86256B4100683DE1?open=document&node=132070_US)

Macintosh-

[http://digital.ni.com/softlib.nsf/websearch/1A6FFDA4C8804A9A86256B430056FF99?opendocument&node=132060\\_US](http://digital.ni.com/softlib.nsf/websearch/1A6FFDA4C8804A9A86256B430056FF99?opendocument&node=132060_US)

۲- برای درخواست کنترل بر روی برنامه، کلیک راست روی شکل پانل جلوی،

«Requesting control over the program» را فراهم می‌کند.

۳- با یک بار تمام کردن اجرای آزمایش می‌توان به وسیله کلیک راست و انتخاب

«Release control of vi» برنامه را به حالت کنترل آزمایش در آورد.

### ۲- کنترل سرعت موتور DC

دستگاه این سیستم شامل یک موتور Conon CKT26-T5 با تاکومتر و به وسیله یک op-Amp به مدل Apex PA26 توان بالا راه‌اندازی می‌شود. این آزمایش برای دانشجویان EECE و ME برای آشنایی با تغییرات موتور DC است که شامل تجهیزاتی مثل تسمه بالابر، دستگاه های خودکار و ... است و این دستگاه برای هر جایی که نگهداشتن سرعت ثابت در زیر تغییرات بار مهم باشد، طراحی شده است.

سرعت زاویه‌ای در نتیجه باریاگشتاور اعمالی به محور موتور تغییر خواهد کرد. برای

یک ولتاژ ثابت شده آرمیچر گشتاور اعمالی بیشتر سرعت موتور را کمتر خواهد کرد.

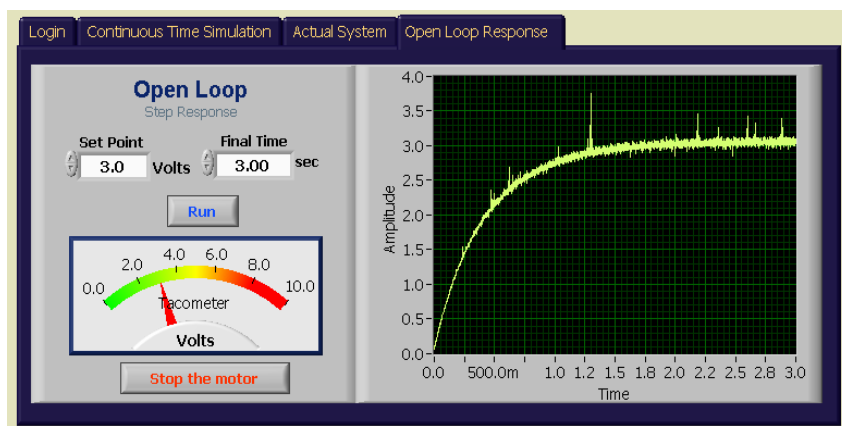
هدف از این آزمایش کنترل و تنظیم کردن سرعت زاویه‌ای محور موتور dc است.

یک ترکیب حلقه باز برای موتور dc شرایط این کار را ندارد. پس لازم است که یک

جبران‌ساز حلقه بسته برای به دست آوردن شرایط سرعت ثابت در حضور اغتشاش طراحی کرد.

تقویت‌کننده‌ها و سیگنال مرجع و محاسبه سرعت توسط یک کارت گیرنده داده دستگاه مجازی (vi) و رابط گرافیکی کاربر (GUI) که در Labview اجرا شده است، به همدیگر وصل می‌شوند.

آزمایش می‌تواند به سه طریق اجرا شود: حلقه باز، حلقه بسته و شبیه‌سازی. آزمایش به کاربر اجازه می‌دهد تا یک کنترلر طراحی و پارامترهای سیستم و ضریب کنترلر را در پانل شبیه‌سازی تأمین کند. پانل شبیه‌سازی آماده شده و کنترلر را به وسیله Matlab انجام می‌دهد.



شکل ۴- عکسی از صفحه آزمایش کنترل سرعت که به وسیله وب کنترل می‌شود

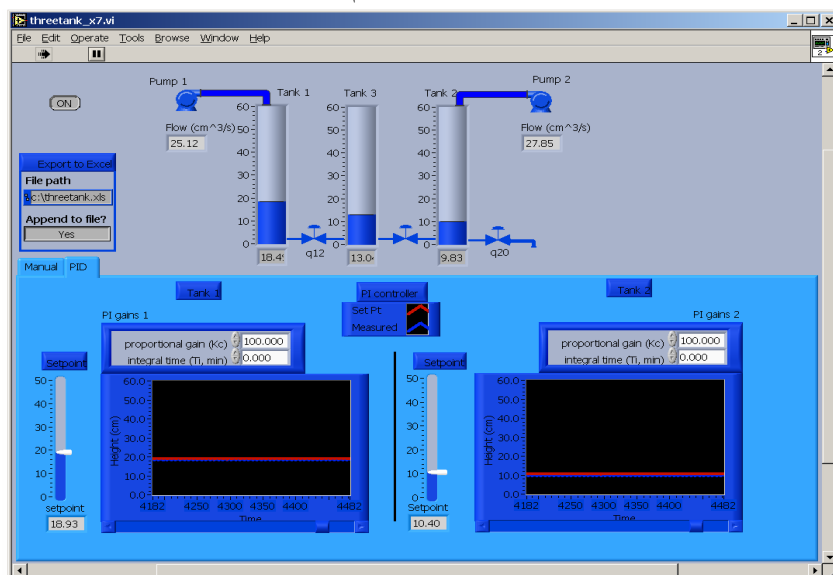
### ۳- سیستم سه تانک

این آزمایش یک بستر تست عالی را برای مسائل کنترلی چند متغیری غیر خطی فراهم می‌کند. کنترل سطح مایع در این سیستم‌ها به خصوص در فرایند محصولات شیمیایی رایج است. شیوه‌های آزمایش طبق برنامه آموزشی مهندسی شیء، مکانیک و برق طراحی می‌شود

که دستگاه توانایی لازم کنترل اندازه، تجزیه سیستم غیرخطی طراحی الگوریتم کنترل و بنابراین، نگهداشتن جوانب خاص برای هر کدام از این زمینه‌ها را داشته باشد. دستگاه اصلی شامل سه تانک شیشه‌ای محکم است که به صورت سری به همدیگر وصل شده‌اند.

دو پمپ با دیافراگم متغیر سرعت قابل تأمین کردن یک شار تعریف شده خوب برای هر چرخش به منظور تغذیه دو تانک برای هر طرف استفاده می‌شود. تانک وسطی برای کنترل اندازه آنها برای نقطه تنظیم خواسته شده است که توسط کاربر مشخص می‌شود و مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر تانک به وسیله یک سنسور فشار ثابت تنظیم شده است که یک ولتاژ خروجی متناسب با سطح مایع در تانک ایجاد می‌کند. اکتساب داده‌ها با به کار گرفتن کنترلر PI توسط دانشجویان در محیط Labview انجام می‌شود.

آزمایش همچنین، به کاربر اجازه می‌دهد تا نتایج به دست آمده توسط برنامه شبیه‌سازی را که در Simulink و Mattheatica انجام می‌شود، مقایسه کند.



شکل ۵ - سیستم سه تانک در مد کنترل PI بر روی web

## ۱۰. نتیجه‌گیری

هر دو قسمت مجموعه‌ای برای یک طراحی کنترل موفقیت‌آمیز - شبیه‌سازی و به‌کارگیری - می‌تواند از راه دور از طریق اینترنت در یک «آزمایشگاه از راه دور» انجام شود. تکنولوژی یا توانایی‌های نسبتاً مختلف بیان شده با کنترل نصب آزمایشگاه از راه اینترنت قابل تحقیق و رسیدگی است. توسعه بیشتر در این زمینه می‌تواند یک کمک اساسی برای تحقیقات و نوآوری‌های بیشتر برای دستیابی به آزمایشگاه‌های مختلف در همه جهان باشد.

## مراجع

1. Loviscach, J., Die Elektronische Uni - Neue Medien in der Lehre", Report c't 2001, Heft 4.
2. Ubell, R., Engineers turn to e-learning", IEEE Spectrum, 10-2000.
3. R. Ohrig, C., Jochheim, A., The Virtual Lab for Controlling Real Experiments via Internet", Proceeding of IEEE Symposium on Computer-Aided Control System Design, Hawaii, USA, 1999.
4. Pegel, S., LO ohl, T., Klatt, K., Engell, S., Schmid, C., Ali, A., \DYNAMIT -Eine Virtuelle Lernumgebung", atAutomatisierungstechnik, Oldenbourg Verlag 8/2001.
5. Wiebking, L. Webgestell Utzter Interaktiver Reglerentwurf fo ur ein Zweitanksystem", Studienarbeit IEI, 2001.
6. Stoll, S., PROMISE - Informationstechnik online", Tage der Forschung TU Clausthal, 2001.
7. S. E. Poindexter and B.S. Heck, "Using the Web in your courses: What can you do? What should you do?" IEEE Contr. Syst. Mag., Vol. 1, pp. 83-92, Feb. 1999.
8. G. J. C. Copinga, M. H. G. Verhaegen, and M. J. J. M. Van de Ven, "Toward a Web-based Study Support Environment for Teaching Automatic Control," IEEE Contr. Syst. Mag., Vol. 20, pp. 8-19, Aug. 2000.
9. Virtual Control Lab, 2002, Available at: <http://www.esr.ruhr-unibochum.de/VCLab/>
10. J.C. Martinez-Garcia, G. H. Salazar-Silva and R. Garrido, "Web-based object-oriented Control System Design," in Proc. IEEE Int. Conf. Control Applicat., Mexico City, Mexico, Sept. 2001, pp. 111-116.
11. The Virtual Control Lab for the ECOSSE Control HyperCourse. Available at: <http://www.chemeng.ed.ac.uk/ecosse/control/course/map/index.html>
12. J. Sanchez, F. Morilla, S. Dormido, J. Aranda and P. Ruiperez, "Virtual and Remote Control Labs Using Jaba: A Qualitative Approach," IEEE.



13. R. P. Manchon, O. R. Garcia, R. P. N. Garcia, N.G. Aracil and L.M.J. Garcia, "Remote lab for Control Applications Using MATLAB," in Proc. IFAC Workshop Internet-Based Control Educ., Madrid, Spain, Dec. 2001, pp. 121–126.
14. J. L. Diez, M. Valles, A. Valera and J. L. Navarro, "Remote Industrial Process Control with MATLAB Web Server," in Proc. IFAC Workshop Internet-Based Control Educ., Madrid, Spain, Dec. 2001, pp. 139–143.
15. Web-Based Control Design and Analysis System, Softintegration, Inc., 2003. [Online], Available at: <http://www.softintegration.com/webservices/control>
16. H. H. Cheng, "Scientific Computing in the Ch Programming Language," Sci. Prog., Vol. 2, No. 3, pp. 49–75, 1993.
17. Ch Language Environment User's Guide, Softintegration, Inc., 2003, [Online]. Available at: <http://www.softintegration.com>
18. Ch Control System Toolkit User's Guide, Softintegration, Inc., 2003, [Online]. Available at: <http://www.softintegration.com/products/toolkit/control>
19. Y. Zhu, B. Chen and H. H. Cheng, "An Object-based Software Package for Interactive Control System Design and Analysis," ASME Trans. J. Computing Inform. Sci. Eng., Vol. 3, No. 4, pp. 366–371, Dec. 2003.
20. International Standard: Programming Languages—C, ISO/IEC, 1990.
21. International Standard: Programming Languages—C, ISO/IEC, 1999.
22. The Ch Language Environment CGI ToolKit User's Guide, Softintegration, Inc., 2003 [Online], Available at: <http://www.softintegration.com>
23. Embedded Ch, Softintegration, Inc., 2003 [Online], Available at: <http://www.softintegration.com/products/sdk/embedch/>
24. Control System Toolbox User's Guide. Natick, MA: MathWorks, 1998