

## حضور واقعی در آزمایشگاه غیرواقعی: مشارکت در آزمایشگاه اینترنتی از راه دور

مینا رزقی<sup>۱</sup>، وحید صابری<sup>۱</sup>، شایان فروزنده دل<sup>۱\*</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس آموزش و پژوهش  
<sup>۲</sup> استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد پردیس

### چکیده

در طول دهه گذشته، استفاده روزافزون اینترنت تأثیر زیادی بر آموزش و پرورش داشته است. این فناوری جدید بهبود قابل توجهی در ارتباطات مدارس به ارمغان آورده و یادگیری دانش‌آموزان را بهبود داده است. نرم‌افزارهای بسیاری برای شبیه‌سازی آزمایش‌های واقعی توسعه داده شده است، اما به اعتقاد ما هیچ یک مانند انجام آزمایش واقعی موثر نیستند. ایده ما نوعی جدید از آزمایشگاه‌های از راه دور با رابط کاربر گرافیکی است که تمام مزایای محیط آزمایشگاهی واقعی را ارائه می‌دهد.

### کلمات کلیدی

آزمایشگاه از راه دور اینترنتی، رابط کاربر گرافیکی، آزمایشگاه مجازی، آزمایشگاه واقعی

### نکات برجسته پژوهش

- استفاده بیشتر از آزمایشگاه‌های واقعی و مجازی ساده در سال اول دبیرستان
- مشارکت برابر در هر سه آزمایشگاه مجازی، کنترل از راه دور و واقعی در سال دوم و سوم دبیرستان
- و استفاده بیشتر در آزمایشگاه‌های واقعی و از راه دور با تجهیزات پیشرفته در سال آخر دبیرستان

## ۱- مقدمه

در طول دهه گذشته، ما شاهد توسعه سریع شبکه‌های رایانه‌ای و فناوری‌های اینترنت همراه با پیشرفت‌های چشمگیر در قدرت پردازش رایانه‌های شخصی بوده‌ایم. این تحولات، آموزش از راه دور تعاملی را به یک واقعیت تبدیل کرده است. با طراحی و استقرار نرم افزارهای کاربردی در اینترنت بر روی رایانه، مریبان از راه دور می‌توانند به یادگیرندگان از راه دور برسد و بر زمان و فاصله غلبه کنند. در روش کنونی آموزش فیزیک، تلاش‌های قابل توجهی در طراحی و توسعه محیط‌هایی آموزشی مبتنی بر محیط‌های کاربرپسند قرار داده شده است که به طور عمده ارائه‌دهنده فعالیت‌های یادگیری برای کلاس‌های درس مجازی است [۱]. علاوه بر مبنای تئوری دروسی مانند شیمی، آموزش اصلی بر پایه‌ی آزمایش‌های تجربی در آزمایشگاه‌ها صورت می‌گیرد. از آنجا که آزمایشگاه بخشی مهم و الزامی در آموزش شیمی است، دسترسی به کنترل یک آزمایشگاه، به عنوان بخشی از یک سایت یا آموزش مجازی ضروری است [۲]. با توجه به اینکه بسیاری از مؤسسات آموزشی و مدارس قادر به پرداخت هزینه‌های گزاف تجهیزات در آزمایشگاه‌ها نیستند در آموزش مجازی علاوه بر راحت بودن کار برای دانش‌آموزان، از هزینه‌ها کاسته شده و ایمنی مربوطه نیز تأمین می‌گردد.

در این مقاله ما یک چارچوب نرم‌افزاری، آزمایشگاه با کنترل از راه دور در وب را شرح می‌دهیم که قادر به ایفای نقش یک آزمایشگاه برای حضور واقعی دانش‌آموزان در مکان‌های دور بر روی اینترنت است. منظور از حضور واقعی، تفاوت این چهارچوب نرم‌افزاری با آزمایشگاه‌های مجازی است، در آزمایشگاه با کنترل از راه دور می‌توان در آزمایشگاه حضور داشت، یعنی کنترل ابزارهای فیزیکی توسط رایانه برای دانش‌آموزان هموار می‌شود به گونه‌ای که انگار در حال کار با دستگاه واقعی هستند، فقط از راه دور این کار را انجام می‌دهند [۳].

دانش‌آموزان از راه دور قادر به دسترسی به تجهیزات آزمایشگاهی محدود و گران‌قیمت، مانند دستگاه‌های آنالیزی هستند و همان آزمایش‌های عملی را انجام می‌دهند که در آزمایشگاه‌های مدارس انجام می‌دهند. ما همچنین مکانیسم‌های همکاری آنلاین را توسعه داده‌ایم که ارائه گر قابلیت برقراری ارتباط با دیگر دانش‌آموزان و معلمان در یک زمان است. یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهد که دانش‌آموزان به میزان قابل توجهی از مشارکت خود در گروه‌های کوچک یادگیری، سود می‌برند. همچنین نتایج تحقیقات نشان داده است که دانش‌آموزان اگر در تماس مکرر با معلم باشند، بیشتر کوشا خواهند بود. چارچوب ما زمان موجود برای دسترسی به معلمان و مریبان آموزشی را گسترش می‌دهد و اجازه می‌دهد تا دانش‌آموزان با همکاری با یکدیگر در گروه‌های آزمایشگاهی مجازی یاد بگیرند که چگونه از تجهیزات آزمایشگاه شیمی به طور موثر استفاده کنند.

فعالیت‌های آزمایشگاهی پیشنهاد شده شامل کنترل از راه دور تا حد زیادی برای دانش‌آموزان شفاف است. دانش‌آموز تنها نیاز به یک مرورگر وب برای اجرای کل آزمایشگاه دارند. نتایج نشان‌دهنده یک محیط آزمایشگاهی موثرتر با تکیه بر قابلیت‌های اتصال دهنده زمان، فضا، نیروی کار، کاهش نگرانی مالی و ایمنی اعمال شده توسط آزمایش‌های آزمایشگاهی واقعی است. علاوه بر این، علوم دیگر نیز می‌توانند از این چهارچوب به عنوان مبنای برای آزمایشگاه‌های خود بهره‌مند شوند، البته این آزمایشگاه‌ها باید واجد شرایط و درخور موارد زیر باشند:

- تجهیزات آزمایشگاه از راه دور قابل کنترل و یا دسترسی باشند.
- برای تحقق بخشیدن به آزمایش‌های تجربی، رابط کنترل کاربری تجهیزات آزمایشگاه باید قابل برنامه‌ریزی باشند که اجازه‌ی ادغام آن را با یک مرورگر وب بدهد.

به عنوان مثال، چارچوب پیشنهادی می‌تواند توسط آزمایشگاه‌هایی مانند آزمایشگاه از راه دور برای مهندسی مواد شیمیایی و آزمایشگاه‌های مجازی در کنترل اندازه‌گیری استفاده شود. علاوه بر دسترسی از راه دور و بهره‌برداری از تجهیزات آزمایشگاه، این آزمایشگاه ویژگی‌های مهمی شامل مدیریت کاربران، حفاظت از فایروال و ابزار همکاری آنلاین را فراهم می‌کند.

## ۲- کارهای مرتبط در این زمینه

ایده به اشتراک گذاری تجهیزات آزمایشگاهی از راه دور با استفاده از فناوری مدرن و اینترنت برای اهداف آموزش و پرورش جدید نیست. در اوایل دهه نود، سیستم کنترل از راه دور برای اشتراک مواد آزمایشگاهی پیشنهاد شد که قادر به اشتراک داده‌های آزمایشگاهی میان دانشگاه‌ها بود که از این ایستگاه‌های شبکه‌بندی شده استفاده می‌کردند. از آن زمان به بعد، انواع فعالیت‌های آزمایشی از راه دور توسعه داده شده‌اند مانند آزمایش‌های میکرو الکترونیک برای ترانزیستور [۴]، آزمایش‌های مقدماتی برای مدار و دستگاه‌ها [۵]، آزمایش‌های آنلاین برای سیستم‌های کنترلی [۶] و آزمایش‌های از راه دور میکروسکوپ پویش الکترونی [۷].

### ۳- مقایسه آزمایشگاه کنترل از راه دور با آزمایشگاه واقعی و مجازی

کار در یک آزمایشگاه واقعی تحمیل‌کننده محدودیت‌های زمانی و فیزیکی برای دانش‌آموزان و معلمان است. یک آزمایشگاه واقعی، نیاز به تلاش در برنامه‌ریزی قابل توجه و سرمایه‌گذاری مالی دارد. امروزه مدارس برای تجهیز زیرساخت‌های محاسباتی و اینترنت هزینه زیادی صرف می‌کنند بنابراین حمایت مالی کمتری برای نوسازی آزمایشگاه‌ها صورت می‌گیرد. از این رو ترکیب فناوری‌های جدید، با وجود منافع زیاد، دانش‌آموزان را بامهارت‌های عملی کمتری بار می‌آورد؛ و اما جایگزین‌های آزمایشگاه واقعی چیست؟ سه مورد از مرسوم‌ترین جایگزین‌ها در حال حاضر عبارت‌اند از:

- کارت حافظه یا سی دی با یک آزمایش ضبط شده

- شبیه‌سازی یا آزمایشگاه مجازی

- آزمایشگاه با مشارکت از راه دور

با وجود مفید بودن برنامه ضبط شده روی کارت حافظه، فاقد تعامل لازم با دانش‌آموزان و کمبود ویژگی عملی است. جایگزین دوم یک آزمایشگاه مجازی است که یک محیط شبیه‌سازی شده را فراهم می‌کند. بسته‌های نرم‌افزاری بسیاری برای شبیه‌سازی آزمایش‌های واقعی توسعه یافته است. این محیط‌های شبیه‌سازی، سودمندی خود را برای موارد زیر اثبات کرده‌اند:

- برای توضیحات موثر مفاهیم نظری

- برای انجام آزمایش‌های گام به گام

- به عنوان یک رسانه تعاملی

- به عنوان ابزارهای انعطاف‌پذیر و آسان

- به عنوان یک جایگزین کم هزینه

- نبود محدودیت‌های زمانی و فیزیکی

اگرچه آزمایشگاه‌های مجازی می‌توانند بسیار مفید باشند و شبیه‌سازی‌ها در عمیق کردن درک مفهومی دانش‌آموزان ضروری هستند، به طور کلی به عنوان جایگزین ضعیفی برای کار عملی در آزمایشگاه واقعی در نظر گرفته شده‌اند. آزمایشگاه‌های با مشارکت از راه دور (RL) مفهوم نسبتاً جدیدتری هستند و با توجه به پیشرفت‌های فناوری و در دسترس بودن ابزارهای طراحی، تعداد آن‌ها به صورت نمایی در حال افزایش است. قطعاً آن‌ها نماینده بهترین جایگزین برای کار در یک آزمایشگاه واقعی هستند زیرا اگر به درستی طراحی شوند، می‌توانند مزایای زیر را به دانش‌آموزان ارائه دهند:

- حضور غیرمستقیم در آزمایشگاه

- انجام آزمایش بر روی تجهیزات واقعی

- همکاری

- یادگیری با آزمون و خطا

- تجزیه و تحلیل داده‌های تجربی واقعی

- انعطاف‌پذیری در انتخاب زمان و مکان برای انجام آزمایش

مزیت های اصلی و معایب هر نوع آزمایشگاه در جدول ۱ به طور خلاصه ذکر است. برخی از مزیت های ذکر شده تنها در آزمایشگاه های با طراحی خوب به دست می آید؛ بنابراین، مزیت های ذکر شده فقط بالقوه می باشد و به طراح آگاه به روش آموزشی بستگی دارد.

با این حال، بسیاری از آزمایشگاه های از راه دور به سختی ارائه دهنده محیط واقع بینانه آزمایشگاهی هستند. به غیر از توانایی به دست آوردن داده های اندازه گیری واقعی، دانش آموزان احساسی مانند بودن در یک محیط شبیه سازی شده را دارند؛ بنابراین، ما آزمایشگاه از راه دوری را به نام آزمایشگاه از راه دور اینترنتی معرفی می کنیم و بر این باوریم که این چهارچوب در حال حاضر بهترین مثال از یک محیط واقعی آزمایشگاهی آنلاین است.

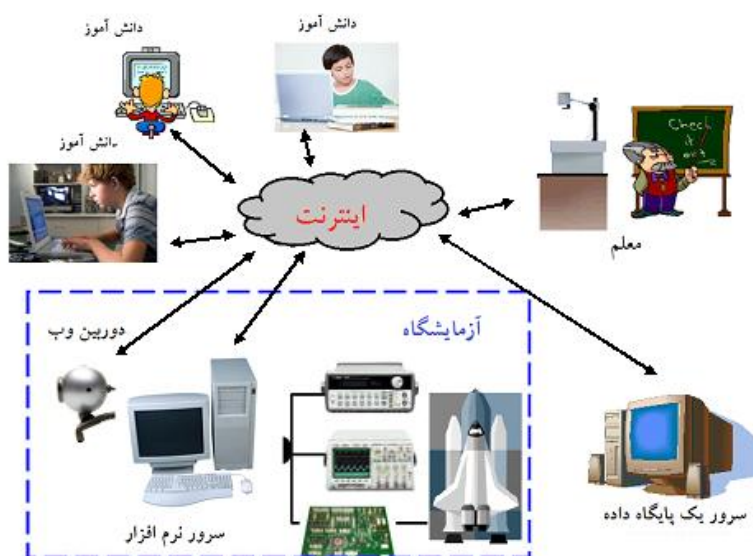
جدول شماره ۱: مقایسه مزایا و معایب آزمایشگاه های واقعی، مجازی و مشارکت از راه دور

نوع آزمایشگاه	مزایا	معایب
واقعی	کار گروهی تعامل با معلم داده های واقعی تعامل با تجهیزات واقعی	برنامه ریزی هزینه محدودیت های زمانی و مکانی نیاز به حضور معلم یا مسئول آزمایشگاه
مجازی	شرح مفاهیم محیط جذاب هزینه کم بدون محدودیت زمانی و مکانی	داده های غیر واقعی کمبود همکاری عدم تعامل با تجهیزات واقعی
مشارکت از راه دور	تعامل با تجهیزات واقعی کالیبراسیون داده های واقعی هزینه متوسط عدم محدودیت های زمانی و مکانی	فقط «حضور مجازی» در آزمایشگاه

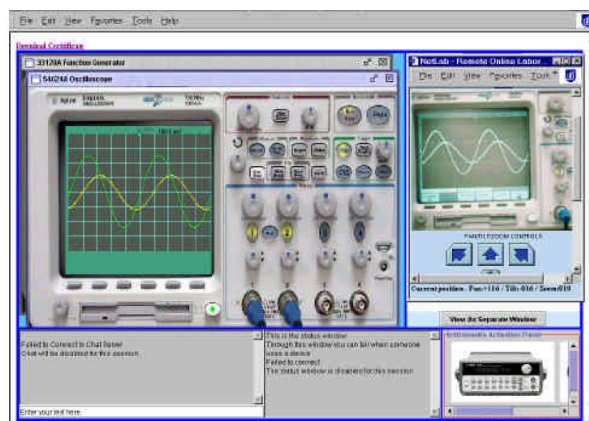
#### ۴- شرح آزمایشگاه اینترنتی از راه دور

طراحی ساختار کلی آزمایشگاه اینترنتی از راه دور در شکل ۱ نشان داده شده است. این سیستم اجازه می دهد تا چندین کاربر از راه دور در یک زمان آزمایش را انجام دهند. آن ها می توانند از راه دور کنترل ابزارها را با استفاده از یک سرویس گیرنده وب بر روی اینترنت انجام دهند. از طرف دیگر، این سیستم شامل یک نرم افزار سرور است. سرور دستورات کاربران را پردازش کرده و دستگاه های قابل برنامه ریزی را از طریق رابط کنترل می کند. سرور می تواند داده های اندازه گیری تجهیزات را بازبازی کند و آن ها را به کاربر ارسال کند. دوربین فیلم برداری اجازه می دهد تا کاربران تجهیزات را مشاهده کرده و بر اجرای خود نظارت داشته باشند. سرور اجازه می دهد تا کاربران متعدد از طریق یک اتاق چت ارتباط برقرار کنند. این سرور برای دانش آموزان فرصت کار گروهی را فراهم می کند. این ساختار خاص اجازه می دهد تا آزمایشگاه از راه دور به دانش آموزان احساس کار در یک آزمایشگاه واقعی را بدهد که البته یکی از اهداف اصلی طراحی آن بوده است. با این حال، یکی از ویژگی های اصلی که ارائه دهنده این تصور از کار در آزمایشگاه واقعی است، طراحی رابط های کاربری گرافیکی می باشد. نمونه ای از این رابط های کاربری گرافیکی در شکل ۲ نشان داده شده است. اینگونه رابط های کاربری گرافیکی از تصاویر تجهیزات در آزمایشگاه استفاده می کنند. همچنین، دکمه های کنترلی در روی صفحه جلویی تصویر دستگاه به شیوه ای متحرک است

که کاربر از راه دور احساس کند واقعاً این دکمه ها را فشار می دهد یا می چرخاند.



شکل ۱: مبنای طراحی آزمایشگاه اینترنتی از راه دور



شکل ۲: نمایی از رابط کاربری گرافیکی

## ۵- نتیجه گیری

در این مقاله ما به ارائه مزایا و معایب سه گزینه از آزمایشگاه‌هایی پرداخته‌ایم که در حال حاضر به منظور به دست آوردن تجربه عملی در دسترس دانش‌آموزان است. بدون شک آزمایش در یک آزمایشگاه واقعی، با هیچ چیزی قابل تعویض نیست، اما قطعاً جنبه‌هایی وجود دارد که انجام آن را دشوار و در برخی موارد، مانند آموزش از راه دور، غیرممکن می‌سازد. همچنین ممکن است این سؤال را بپرسید: به طور متوسط یک دانش‌آموز از کار در آزمایشگاه واقعی تحت فشار مدت زمان محدود، بدون دانش کافی برای عیب‌یابی تجهیزات و فرصت برای تکرار اندازه‌گیری در مرحله بعدی چقدر دانش کسب می‌کند؟ اولین جایگزین کار در آزمایشگاه واقعی، آزمایشگاه‌های مجازی هستند. جایگزین دوم یک آزمایشگاه از راه دور است که اجازه می‌دهد کاربران از راه دور به انجام آزمایش بر روی تجهیزات واقعی معمولاً توسط اینترنت بپردازند. به تازگی،

آزمایشگاه‌های از راه دور بسیاری توسعه یافته و به نظر می‌رسد بسیاری دیگر در آینده‌ای نزدیک توسعه خواهند یافت. با این حال، تحقیقات ما نشان می‌دهد که اکثر آن‌ها از رابط‌های متنی برای ورود پارامترهای ورودی استفاده می‌کنند و در نتیجه جایگزین ضعیفی برای آزمایشگاه واقعی هستند. ایده آزمایشگاه از راه دور ما، آزمایشگاه با مشارکت از راه دور اینترنتی است، که دارای یک رابط کاربری گرافیکی منحصربه‌فرد برای القای حضور واقعی در دانش‌آموزان می‌باشد. به طور کلی آزمایشگاه‌های مجازی و از راه دور دارای مزیت دسترسی انعطاف‌پذیر نسبت به آزمایشگاه واقعی هستند. ما بر این باوریم که دانش‌آموزان باید مخلوطی متعادل از آزمایشگاه‌های واقعی، مجازی و از راه دور را استفاده کنند. پیشنهاد ما برای این مخلوط متعادل برای برنامه‌های درسی چهار ساله شیمی باید شامل:

- استفاده بیشتر از آزمایشگاه‌های واقعی و مجازی ساده در سال اول دبیرستان
- مشارکت برابر در هر سه آزمایشگاه مجازی، کنترل از راه دور و واقعی در سال دوم و سوم دبیرستان
- استفاده بیشتر در آزمایشگاه‌های واقعی و از راه دور با تجهیزات پیشرفته در سال آخر دبیرستان است.

## مرجع

- [1] Antsaklis, P., Basar, T., De Carlo, R., *Report on the NSF/CSS Workshop on New Directions in Control Engineering Education*, IEEE Control Systems Magazine, Vol. 5, pp. 3-58, 1999.
- [2] Foss, B. A., Eikaas, T. I., Hovd, M., *Merging physical experiments back to the learning arena*. Proc. American Control Conference ACC'2000, Chicago, 2944-2948, 2000.
- [3] Junge, Th. F., Schmid, Chr. *Web-Based Remote Experimentation Using a Laboratory Scale Optical Tracker*. Proc. American Control Conference ACC'2000, Chicago, 2951-2954, 2000.
- [4] i-Lab, MIT, <http://i-lab.mit.edu/>
- [5] e-Lab, City University of New York, <http://www.missiontechnology.com/nsfrobot/>
- [6] Control Systems Lab, The University of Tennessee at Chattanooga: <http://chem.engr.utc.edu/Webres/Stations/controlslab.html>
- [7] Bugscope, University of Illinois at Urbana: <http://bugscope.beckman.uiuc.edu/>