

کاربرد نرم افزار در آموزش مهندسی کنترل و طرح تدریس پیشنهادی آن

مهرداد خلجی^۱، محمدحسن آسمانی^۲

^۱دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه شیراز، Khalajimehrdad@gmail.com

^۲دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه شیراز، Asemani@shirazu.ac.ir

چکیده - سیستم‌های کنترل، امروزه جزئی جدانشدنی و یکی از ارکان اساسی طراحی سیستم‌هاست. فراگیری کاربرد مبانی طراحی و تحلیل سیستم‌های کنترل، سیستم‌های کاربردی خانگی تا سیستم‌های اتوماسیون صنعتی و نیز اشکال نوظهور فناوری مانند رباتیک و سیستم‌های هوشمند را شامل است. با توجه به پیشرفت‌های روزافزون فناوری رایانه‌ای و توسعه ابزارهای کامپیوتری برای تحلیل، طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل، آموزش دانشگاهی در این شاخه نیازی مبرم به فراگیری این ابزارها داشته و می‌باید برنامه‌ریزی و روشی مناسب برای تدریس آن یافت. در مقاله حاضر، مروری بر نرم‌افزارهای موجود و کاربردی در آموزش عالی صورت گرفته و روش‌ها و مبانی کنونی مورد استفاده در تدریس مورد اشاره قرار خواهد گرفت. در پایان راهکار و طرح تدریسی پیشنهادی برای کاربرد کامپیوتر در پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل ارائه می‌شود.

کلیدواژه - سیستم‌های کنترل، فناوری رایانه‌ای، آموزش دانشگاهی، نرم‌افزار، طرح تدریس، کاربرد کامپیوتر در کنترل.

۱- مقدمه

در کاربرد کامپیوتر در سیستم‌های کنترل (Computer Aided Control System Design - CACSD) حوزه‌های مختلفی مورد بررسی است که می‌توان موارد زیر را معرفی نمود [۱]:

ایجاد مدل: انتخاب و ایجاد یک مدل دینامیکی از رفتار سیستم اولین گام برای ورود به تحلیل مسائل کنترل می‌باشد. ابزارهای مورد استفاده می‌باید با دقتی بالا مدلی از رفتار سیستم در اختیار قرار دهد تا بتوان در تحلیل و اعتبارسنجی از کارایی سیستم مورد استفاده قرار گیرد. ابزارهای ریاضی متنوعی در این مرحله می‌تواند مورد استفاده باشد که از آن جمله می‌توان معادلات دیفرانسیل معمولی (ODEs)، معادلات با مشتقات جزئی (PDEs)، معادلات دیفرانسیل جبری (DAEs) را معرفی نمود. البته باید در یاد داشت علاوه بر این، در پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل خطی‌سازی، گسسته‌سازی و کاهش مرتبه مدل و موارد از این دست که در

پیاده‌سازی مدل عملی و کاربردی‌تر به کار می‌رود، باید از نظر ریاضی و تحلیلی در نظر داشت.

شبیه‌سازی: با شناخت مناسب از رفتار سیستم در مدل‌سازی، می‌توان رفتارهای سیستم را در محیطی به صورت مجازی بررسی نمود و برای کاربردهای مورد نیاز، ابزارها و کنترلرهای مطلوب را تحلیل و طراحی نمود. به این ترتیب شبیه‌سازی رفتار سیستم و استخراج نمودارهای مفید برای تحلیل سیستم و مشاهده رفتارهای سیستم کنترلی ضروری است. علاوه بر این در برخی از موارد ابزارهای تنظیم در محیطی شبیه‌سازی شده قابل دسترسی است تا بتوان کیفیت و ویژگی‌های طراحی مورد نیاز را اعمال نمود.

تحلیل سیستم: با داشتن مدل رفتار سیستم می‌توان سیستم مورد نظر را برای ایجاد کنترلر مطلوب تحلیل کرده و هدف خود برای تضمین بهترین عملکرد در هدایت سیستم را مورد بررسی قرار داد. علاوه بر اینکه ابزارهای مناسب برای تحلیل می‌باید طراحی و ایجاد شود، الگوریتم‌های بهینه‌سازی و هوشمند باید بتواند به طور خودکار بهترین انتخاب را داشته باشد، به ویژه با

۲-۲- مروری بر کاربرد کامپیوتر در کنترل و چالش‌های آن

۲-۱- آموزش سیستم‌های کنترل

بسیاری از مباحث کاربردی در علم کنترل، نیازمند ابزارهایی برای ساده‌سازی در کاربرد می‌باشد و برنامه‌های کامپیوتری می‌تواند به سهولت در پیاده‌سازی مباحث آموزشی کمک نماید.

ابزارهای ترسیمی مختلف، ابزارهای ساده‌سازی و بررسی مدل سیستم‌های کنترل، مانند ارزیابی معیارهای مختلف پایداری و کارایی سیستم‌های کنترل، با توجه به ماهیت سیستم و نیز نوع تعریف ریاضی آن و مواردی از این دست می‌تواند کمک شایانی به تسریع فرآیند یادگیری و نیز بالا بردن دقت در پیاده کردن مباحث درسی داشته باشد.

۲-۲- تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل

یکی از نیازهای بزرگ در پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل در کاربردهای عملی و صنعتی، وجود ابزارهایی برای بالا بردن سرعت و سهولت در تحلیل یک سیستم کنترل می‌باشد. امکاناتی در کاربرد یک برنامه کامپیوتری در تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل مورد نیاز می‌باشد، موارد زیر را شامل می‌شود:

- ابزارهای تحلیل پایداری و رفتارهای گذرا و ماندگار سیستم کنترل.
- ابزارهای نمایشی برای ارزیابی مهندس کنترل از رفتار سیستم کنترل.
- وجود انواع کنترلرهای مختلف که بتوان ارزیابی مناسب و در کمترین زمان از کارایی روش کنترلی مورد نظر به عمل آورد.

۲-۳- پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل و کنترل به کمک کامپیوتر

یکی از مهمترین کاربردهای کامپیوتر، پیاده‌سازی یک سیستم کنترل می‌باشد. روش‌های قدیمی در پیاده‌سازی قوانین کنترل برای هدایت سیستم مانند روش‌های مکانیکی، هیدرولیک و نیوماتیک، و نیز کنترل کننده‌های الکتریکی آنالوگ، طیف محدودی از امکانات را در اختیار کاربر قرار داده و عموماً در پیاده‌سازی کنترلرهای کلاسیک کارایی دارد. پیاده‌سازی کنترلرهای پیشرفته بدون کمک کامپیوتر غیر ممکن بوده و یا مقرون به صرفه

توجه به اینکه تحلیل‌های موجود عموماً به صورت عددی و نه تحلیلی تعریف می‌شود، ایجاد شود. این یکی از زمینه‌های مرتبط با تحقیقات در زمینه کاربرد کامپیوتر در کنترل است.

در سال‌های ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی رویکرد محققین یافتن ابزارهای بهینه در طراحی سیستم‌های کنترل بوده است [۲-۴]. با توجه به در دسترس بودن کامپیوترهای قابل اطمینان و مناسب برای توسعه ابزارهای کامپیوتری از ۱۹۷۰، ایده آن‌ها به سمت پیاده‌سازی ابزارها به کمک کامپیوتر سوق یافته است. علاوه بر این توسعه ابزارهای پردازش، شناسایی و تبادل داده در کامپیوتر از دهه ۱۹۸۰، پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل به کمک کامپیوتر را مقدر ساخت. در این دهه بزرگترین اتفاق ظهور نرم‌افزار MATLAB و طراحی آن بود. ابزارهای کاربردی در پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل نیز به سرعت در نسل‌های اولیه این نرم‌افزار قرار گرفته و کاربردی گشت. پس از این پروژه‌های مختلفی نیز در پیاده‌سازی ابزارهای جدید کامپیوتری اجرا گشته که از آن جمله می‌توان از ACONSYS که توسط سیلوریا و همکارانش در سال ۱۹۹۷ توسعه داده شد و VIEnCoD Design که توسط لورس و همکارانش در سال ۱۹۹۸ معرفی گردید، نام برد. علاوه بر این توسعه ابزارهای گرافیکی مختلف نیز مورد توجه قرار گرفته است. در سال ۱۹۸۳ پروژه LabVIEW و در سال ۱۹۹۴ ابزار برنامه‌سازی گرافیکی SIMULINK عرضه شده و به مرور ابزارهای قدرتمندتری در کاربرد پیاده‌سازی سیستم‌های اتوماسیون و نرم‌افزارهای تحلیلی ایجاد گردید.

در کنار هم قرار گرفتن آموزش تئوری و مبانی علمی با آموزش مهارت‌های عملی می‌تواند سهم مهمی در پیشبرد اهداف کاربردی مهندسی داشته و فارغ‌التحصیلانی کارآتر در اختیار جامعه کار قرار دهد و پیشرفت فنی بیشتری را حاصل کند. در این مقاله با توجه به این نیاز، ضرورت‌ها و نکات مهم در آموزش و کاربرد نرم‌افزارهای کامپیوتری در سیستم‌های کنترل و نیز روش پیشنهادی که در دانشگاه شیراز به مدت دو سال مورد استفاده، ارزیابی و جمع‌بندی قرار گرفته است، معرفی می‌شود.

سازی در فضای کوچک و وزن کم، چالش جدید در هدایت ابزارهای نوین ایجاد می‌کند.

۳- شیوه آموزش پیشنهادی

۳-۱- آشنایی دانشجویان با رویکردهای مهندسی کنترل و چالش‌های آینده:

یکی از مهم‌ترین گام‌ها برای ورود به دنیای کاربرد کامپیوتر، آشنایی با آنچه در دنیای امروز از سیستم‌های کنترل مورد انتظار است، می‌باشد. پیش از پیاده‌سازی کاربردی هر روش در اندازه-گیری، تحلیل، تصمیم‌گیری و هدایت سیستم، ابتدا می‌باید ماهیت کاربردی آن و ویژگی‌های مورد انتظار در ایجاد یک سیستم کنترل، و آنچه خواست به روز از سیستم‌های کنترل می‌باشد، شناخته شود. به این منظور از منابع موجود در معرفی چالش‌های آینده کنترل می‌توان استفاده نمود. علاوه بر این شناخت نیازهای صنعت و دیدگاهی کاربردی، می‌تواند در هدایت توانمندی دانشجویان در جهت برطرف کردن نیازهای کشور صورت گیرد. به عبارتی علاوه بر معرفی رویکردها و چالش‌های آینده کنترل، نیازهای امروز کنترل در صنعت بومی کشور نیز می‌تواند مطرح شده و مسیری در مقابل دانشجویان برای شناخت و انتخاب حوزه کاری خود قرار دهد.

۳-۲- آموزش مقدماتی یک نرم افزار کاربردی در پیاده-

سازی زمان حقیقی سیستم کنترل

با توجه به اینکه در کاربرد کامپیوتر در کنترل، پیاده‌سازی مراحل اجرای حلقه کنترل، از اندازه‌گیری تا تصمیم و اعمال فرمان نهایی به یک سیستم می‌باشد، آموزش و استفاده از محیط یک نرم‌افزار مناسب برای پیاده‌سازی سیستم کنترل به صورت زمان حقیقی حائز اهمیت است. علاوه بر این هر نرم‌افزار کاربردی در کنترل سیستم‌ها می‌باید ابزارهای جانبی فراوانی در اختیار کاربر قرار دهد تا نیازهای طراحی برطرف شود. نیازهای ممکن در پیاده‌سازی یک سیستم کنترل موارد زیر را شامل می‌شود:

۱- امکان ارتباط با تجهیزات جانبی خارج از کامپیوتر و اکتساب داده و اطلاعات؛ برای مثال امکان ارتباط با استفاده از پروتکل‌های ارتباطی استاندارد صنعتی، اتصال کارت‌های داده‌برداری (DAQs) و تجهیزات تصویربرداری. علاوه بر این امکان ایجاد خروجی از کامپیوتر نیز مورد نیاز است تا بتوان فرمان‌های کنترلی را به خارج از کامپیوتر انتقال داد و

نمی‌باشد. در این بین کاربرد کامپیوتر در کنترل سیستم‌ها می‌تواند مزایای زیر را داشته باشد:

- پیاده‌سازی انواع کنترلرها، مانند کنترلرهای کلاسیک، کنترلرهای پیشرفته و کنترلرهای هوشمند.
- ذخیره‌سازی داده‌ها و ایجاد گزارش از عملکرد سیستم و نظارت بر آن.
- امکان پیاده‌سازی سیستم کنترل تحت شبکه [۵].
- ادغام کارآیی‌های مختلف کامپیوتر در سیستم‌های کنترل مانند پردازش سیگنال‌های الکتریکی و تصاویر.
- امکان بازسازی کنترلر و پیاده‌سازی کنترلرهای مختلف بدون هزینه اضافه جهت تهیه تجهیزات جدید.
- امکان پیاده‌سازی سیستم‌های تطبیقی و یادگیری ماشین و ترکیب مباحث علمی مختلف مانند هوش مصنوعی در پیاده‌سازی سیستم کنترل.
- امکان تشخیص خطا و عیب یابی به کمک سیستم [۶].

با وجود مزایای فراوانی که در کاربرد کامپیوتر در پیاده‌سازی یک سیستم کنترل می‌تواند وجود داشته باشد، معایب و نکاتی در پیاده‌سازی یک سیستم کنترل می‌تواند بروز یابد که می‌توان موارد زیر را مورد اشاره قرار داد:

- دقت اندازه‌گیری تجهیزات می‌تواند در بسیاری از کاربردهای دقیق ناکافی بوده و تأمین تجهیزات اندازه‌گیری دیجیتال با نرخ بالای سرعت و دقت، هزینه بردار می‌باشد.
- با توجه به اینکه داده‌ها در کامپیوتر به صورت دیجیتال در می‌آید، از بین رفتن بخشی از اطلاعات در اثر دیجیتال شدن، می‌تواند در عملکرد سیستم موثر بوده و باعث کاهش کارآیی آن گردد و ملاحظات مناسبی برای دستیابی به کارآیی مناسب باید در نظر گرفته شود.
- بسیاری از کامپیوترهای صنعتی و تحقیقاتی طیف محدودی از درگاه‌های ورودی و خروجی را داشته و برای بسیاری از کاربردها تجهیزات توسعه مورد نیاز است تا ورودی و خروجی‌های مناسب ایجاد شود.
- با پیشرفت ابزارهای کنترل، روند پیشرفت کاربردی تئوری-های کنترل روز به روز سرعت گرفته و در بسیاری موارد محدودیت‌های سرعت اجرای کامپیوترها و عدم امکان پیاده-

۲- بررسی میزان خلاقیت فرد در استفاده از ابزارهای کاربردی عملی.

به این ترتیب پیشنهاد می‌شود آزمون با طرح یک مسئله کنترل واقعی در کاربردهای موجود باشد تا با درگیر کردن خلاقیت دانشجو و استفاده وی از اطلاعات علمی آموزش داده شده قبلی، بتوان دیدگاه وی را بررسی نمود و نحوه برخورد با مسائل واقعی و عملی را مورد سنجش قرار داد و متناسب با آن، نقاط قوت را حفظ و نقاط ضعف را تقویت نمود.

۳-۴- تعریف پروژه عملی به صورت گروهی برای دانشجویان

با توجه به ماهیت کاربردی دوره درسی، تعریف پروژه‌های عملی یکی از ارکان تدریس است. پروژه‌های تعریفی می‌تواند از نیازهای تجهیزات آزمایشگاهی و پژوهشی و یا کاربردهای صنعتی باشد که به صورت یک پروژه یکپارچه انجام شود و در پایان دوره درسی، به شکل یک تجهیز باقی بماند. علاوه بر این با ارائه پیشرفت و همکاری تیم‌های اجرایی، روحیه همکاری در کنار یادگیری شاخه-های کاربردی مختلف کنترل تقویت می‌شود و تجربه ای از یک فعالیت عملی کاربردی پیش از ورود به فضای کار برای دانشجویان ایجاد می‌شود.

۳-۵- آموزش نرم‌افزار MATLAB به عنوان یک نرم-افزار تحلیل و طراحی پایه

نرم‌افزار MATLAB به عنوان یک نرم‌افزار پایه در تحلیل سیستم‌ها، تعدادی بسیار زیاد ابزار در تحلیل سیستم‌ها با ترکیبی از ماهیت‌های فیزیکی مختلف در اختیار قرار می‌دهد و به عنوان یک نرم‌افزار پایه در کاربردهای علمی که مورد استناد قرار می‌گیرد، در تدریس مورد توجه قرار دارد. معرفی مقدماتی از ابزارهای برنامه‌نویسی آن و معرفی امکانات، به همراه آموزش ابزارهای کاربردی آن در تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل مورد نیاز می‌باشد.

۳-۶- برگزاری آزمون از هر بخش در کلاس پس از آموزش

پس از ارائه هر یک از مطالب درسی در آموزش کلاسی، برای بررسی میزان فراگیری دانشجویان و نقاط ضعف موجود، آزمون

هدایت سیستم را به کمک آن انجام داد. ابزارهای کنترل از راه دور و امکانات ایجاد شبکه‌های کامپیوتری صنعتی نیز می‌تواند در ایجاد سیستم کنترل در سطح بزرگ کاربردی باشد که در نرم‌افزار کاربردی باید در دسترس باشد.

۲- ابزارهای پردازش و آماده‌سازی داده‌ها و اطلاعات؛ با توجه به انواع مختلف سیگنال‌ها و جریان اطلاعات ورودی به کامپیوتر، برای مثال ابزارهای داده‌کاوی، پردازش سیگنال‌ها و پردازش تصویر از این جمله می‌باشد.

۳- مدلسازی، طراحی و تحلیل سیستم کنترل؛ علاوه بر این می‌توان به کمک اکتساب داده، عملیات شناسایی سیستم را نیز به کمک کامپیوتر انجام داد. بسیاری از روش‌های خود تنظیم (Auto tuning) نیز به واسطه اکتساب داده می‌تواند پیاده‌سازی شود. علاوه بر این امکان ایجاد سیستم‌های کنترل تطبیقی از نیازهای مهم به ویژه در کنترل فرآیندهای پیچیده است.

۴- ابزارهای پیاده‌سازی روش‌های مختلف ایجاد کنترل‌کننده‌ها؛ برای مثال کنترلرهای کلاسیک، کنترلرهای مدرن و کنترلر فازی.

۵- ابزارهای ارتباط کاربر با کامپیوتر و نظارت؛ که به آن رابط انسان - ماشین (HMI) گفته می‌شود.

نرم‌افزاری که به طور عمده چه در کاربردهای صنعتی و چه در کاربردهای آموزشی - تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، نرم-افزار LabVIEW که توسط شرکت National Instrument منتشر شده است، می‌باشد. این نرم‌افزار مجموعه‌ای از ابزارهای متنوع در کنار امکان پیاده‌سازی زمان حقیقی را فراهم می‌کند. در آشنایی مقدماتی با این نرم‌افزار، به روش‌های مختلف برنامه نویسی به کمک آن پرداخته می‌شود.

۳-۳- امتحان برای سنجش سطح دانشجویان

با توجه به اینکه تدریس کاربرد کامپیوتر در کنترل درسی تعاملی و پویاست که در آن می‌باید دانشجویان بیشترین فعالیت عملی و کاربردی را انجام دهند، سنجش دانشجویان به دلایل مختلف مورد نیاز است که از آن جمله موارد زیر را می‌توان معرفی نمود:

۱- سطح‌بندی دانشجویان برای نوع فعالیتی که به هر یک اختصاص داده خواهد شد.

۳-۹- تدریس بر پایه فعالیت دانشجو در دانشگاه

پایه‌سازی شیوه تدریس به نوعی است که دانشجو بتواند در زمان حضور در دانشگاه مطالب مورد نیاز را اکتساب نموده و بتواند با بالابردن مهارت خلاقیت خود بتواند فعالیت‌های درسی را انجام دهد. شیوه تدریس به نوعی است که هیچ‌گونه فعالیتی که مستقیم در ارزشیابی مورد نیاز باشد، در خانه نداشته باشد. فعالیت‌های جانبی دانشجویان در خانه و ارائه فعالیت بیشتر، برای مثال مطالعات اضافه در بهبود فرآیند اجرای پروژه درسی، آماده‌سازی مطالب بیشتر برای ارائه مطالب درسی محول شده و مواردی از این دست مورد تشویق قرار خواهد گرفت.

۴- نتیجه‌گیری

ارائه روش‌های نوین در آموزش تعاملی دروسی با ویژگی‌های عملی و مهارتی، استفاده از ابزارهای آموزشی مناسب و هدایت دانشجویان به کاربردی کردن دانش خود در فضایی ملموس برای ایشان، می‌تواند بسیاری از نیازهای جامعه امروزی در حوزه‌های صنعتی، تحقیقاتی و کاربردی را پوشش داده و افرادی ماهرتر و موثرتر در بازار صنعت در اختیار قرار دهد. استفاده از فضای دانشگاهی برای رشد و توسعه این دیدگاه و معرفی نیازهای موجود و چشم‌اندازهای بلند مدت در علم کنترل به دانشجویان، سهم قابل توجهی در بهبود فضای کاربردی علم مهندسی کنترل دارد.

مراجع

1. Varga, "Computer-Aided Control Systems Design: Introduction and Historical Overview", Encyclopedia of Systems and Control, pp 1-8, 2014.
2. C. Schmid, "Computer-Aided Control System Engineering Tools", Control Systems, Robotics, and Automation, Vol. 21, 2011, pp. 112-121.
3. I. García, C. Benavides, H. Alaiz and A. Alonso, "A Study of the Use of Ontologies for Building Computer-Aided Control Engineering Self-Learning Educational Software," Journal of Science Education and Technology, Vol. 22, No. 4, pp. 589-601, 2013.
4. L.F. Reichlin, "Free computer-aided control system design (CACSD) tools for GNU octave," in: Proc. IEEE Conference on Computer Aided Control System Design (CACSD), pp. 334-339, 2013.
5. W. Babikian, Z. Gajadhar, A. Dhobale, M. Rubenacker and H. Shouling, "Integrated Design Patterns for Control System Analysis and Synthesis," in: Proc. 12th International Conference on Information Technology - New Generations (ITNG), pp. 471 - 472, 2015.
6. S.L. Jamsa-Jounela, "Future trends in process automation", Annual Reviews in Control 31, 211-220, 2007.

کوتاهی در پایان هر جلسه از کلاس درس گرفته خواهد شد. این آزمون علاوه بر سنجش مهارت و میزان یادگیری دانشجویان به ویژه مهارت‌های خلاقیتی که در این درس بسیار مهم می‌باشد، در صورت ضعف در مباحث و یا عدم یادگیری مناسب دانشجویان، می‌توان برای جبران آن، در انتهای جلسه تدریس و آزمون، رفع اشکال آن را انجام داد.

۳-۷- آموزش بر مبنای همکاری دانشجویان در کلاس

پایه‌سازی بخشی از پروژه درسی تعریف شده برای دانشجویان و ارائه آن در کلاس درس راهکاری برای تقویت همکاری دانشجویان در تدریس مفید است. برای بهبود این روش و ارزشیابی فعالیت دانشجوی، دستور کار راهنما و مطالب مرتبط مطالعاتی در اختیار وی قرار می‌گیرد تا بتواند با استناد به منابع مناسب ارائه پروژه، ارائه مطلوبی داشته باشد. این روش در پیشبرد مناسب پروژه دانشجو مفید بوده و می‌تواند دید بهتری از مراحل اجرای کار در اختیار وی و سایر دانشجویان قرار دهد.

البته یکی از نقایصی که در این روش می‌تواند بوجود آید، نامناسب بودن ارائه و ضعف در مطالب باشد، که به این منظور پیش از ارائه مطلب در کلاس، دانشجو ملزم به ارائه آن به استاد و یا دستیار آموزشی استاد است. به این ترتیب برنامه زمانی ارائه پروژه دو هفته می‌باشد که در هفته اول پروژه توسط دانشجو انجام شده و در هفته دوم ابتدا به استاد و سپس در کلاس درس با همراهی آموزش استاد تدریس می‌شود. در نهایت هرگونه ابهام و ضعف در ارائه و یا نکات کاربردی ثانوی به صلاح دید استاد تدریس می‌شود.

۳-۸- تعریف دستیار استاد و شرح وظایف آن

علاوه بر کلاس درس، زمانی برای دستیار استاد در هدایت پروژه درسی در نظر گرفته شده و برای بهبود کارایی آن در محیط کارگاهی برگزار شود تا دانشجویان بتوانند در طی هفته یک زمان اختصاصی برای انجام پروژه خود داشته باشند. دستیار استاد علاوه بر تسلط کافی بر مباحث مورد ارائه، دستور کاری برای بررسی و ارزیابی و هدایت دانشجویان در اختیار دارد که دقت و کارایی دستگیری وی به این وسیله افزایش یافته و نیازهای ممکن موجود برطرف خواهد شد.

