

ارزیابی وضعیت آموزشی مهندسی "کنترل فرایند" در کشورهای پیشرفته و تدوین نقشه راه کشور بمنظور ارتقای سطح آموزشهای کاربردی در آن حوزه با توجه به الگوبرداری صورت گرفته

فرزاد هورفر^۱، مجتبی زارع مهرجردی^۲، بهزاد مشیری^۳ و کریم سلحشور^۴
^۱ پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران، f.hourfar@ut.ac.ir
^۲ پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران، mzaarem@gmail.com
^۳ پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران، moshiri@ut.ac.ir
^۴ دانشگاه صنعت نفت، salahshoor@put.ac.ir

چکیده - با توجه به اهمیت کاربردی گرایش کنترل فرایند در صنایع مختلف، در این مقاله سعی شده است که ضمن شناسایی وضعیت و کیفیت فعلی نحوه آموزش این گرایش در داخل کشور و مقایسه آن با مکانیزمهای آموزشی متداول در کشورهای پیشرفته، نسبت به ارائه راهکاری موثر جهت ارتقای سطح آموزش این تخصص در داخل کشور اقدام گردد و با تدوین نقشه راهی موثر و کاربردی تلاش شود تا خلاهای داخلی موجود در کوتاه ترین زمان ممکن رفع شوند. بدیهیست تحقق این امر باعث خواهد شد تا صنایع حساس کشور ضمن بهره مندی از کارشناسانی آموزش دیده و با دانش در حوزه کنترل فرایندها، بتوانند اهدافی نظیر افزایش میزان بهره وری، بهبود کیفیت محصولات تولیدی، کاهش تولید آلاینده های صنعتی و حتی کاهش مصرف انرژی را جامع عمل ببوشانند.
کلید واژه - تجهیزات آزمایشگاهی، سیلابسهای آموزشی، صنایع نفت و گاز، کنترل فرایند، کاربرد مهندسی کنترل

در قسمت اول مقاله حاضر به جایگاه آموزش کنترل فرایند در کشورهای پیشرفته و دانشگاههای معتبر دنیا پرداخته شده و سعی خواهد شد تا توجهی که در سطح جهانی به این گرایش بین رشته ای صورت می گیرد به خوبی مورد ارزیابی قرار گرفته و چالشها و افق های پیش روی متخصصین و صاحب نظران در این حوزه تشریح گردند.

در بخش بعدی، جایگاه این شاخه از مهندسی کنترل در داخل کشور مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته و سعی خواهد شد که با توجه به اطلاعات بدست آمده از منابع در دسترس، کیفیت فعلی آموزش داخلی در این زمینه را تشریح نمود.

در ادامه مقاله نیز با استخراج فاصله موجود بین سطح آموزش ارائه شده کنترل فرایند در داخل کشور با استانداردهای جهانی، نسبت به ترسیم نقشه راه بمنظور کاهش این اختلاف در کمترین زمان ممکن اقدام خواهد شد تا بتوان به کمک راهکار ارائه شده، در نهایت، کیفیت آموزشی در این حوزه - بمنظور دستیابی هرچه بهتر آموزش های کاربردی و بهره مندی از مزایای حاصله در

۱- مقدمه

مهندسی کنترل فرایند یکی از تخصص های میان رشته ای بوده که آموزش و یادگیری آن نیازمند دانش همزمان در دو حوزه مهندسی کنترل و مهندسی شیمی-گرایش فرایند می باشد. با توجه به وابستگی شدید ایران به اقتصاد نفت و گاز و در نتیجه نیاز به ارتقای هرچه بهتر سطح عملگری در صنایع فرایندی، توجه به مهندسی فرایندها و نیز زیر شاخه های مرتبط با آن حوزه نظیر گرایش "کنترل فرایند" از اهمیت بالایی برخوردار است و این امر می طلبد که ارائه آموزشهای کاربردی در زمینه مهندسی کنترل فرایند از طرف متخصصین امر و مراکز آموزشی و تحقیقاتی کاملاً جدی گرفته شده تا مهندسین پرورش یافته در آن حوزه و فارغ التحصیلان این گرایش بتوانند هرچه بهتر نسبت به رفع مشکلات صنعتی کشور اقدام نمایند.

ابزارهای مدلسازی هستند، تنها تعداد محدودی از دپارتمان‌های شاخص در دنیا دروس پایه و عمومی مدلسازی را برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی خود ارائه می‌دهند. این واقعیت که در بسیاری از دپارتمانهای مهندسی شیمی، تنها یک درس سیستمی در طی سال ارائه می‌گردد موید این واقعیت بوده که وجود اختلاف نظر در زمینه تدریس دروس بنیادی مهندسی کنترل-سیستم از طرفی و یا معرفی مباحث جدید تحقیقاتی بین متخصصین امر موضوعی انکارناپذیر است. از طرفی کاملاً روشن خواهد بود که ورود متخصصین و اساتید کنترل و جذب آنها در سایر دپارتمان‌های مهندسی می‌تواند تا حدود زیادی منجر به شفافسازی ضرورت ارائه این قبیل دروس در آن دپارتمان‌ها گردد.

در تحقیقی که توسط آقای Edgar و سایر همکاران بوسیله ارسال فرم نظرسنجی در زمینه سیلابس درسی مناسب در حوزه گرایش کنترل فرایند در تعدادی از دانشگاه‌های برتر دنیا صورت گرفته است [1]، اساتید و دانشجویان دانشکده‌های مختلف لیستی از تمایلات خود در رابطه با محتوا و تعیین مسیر دروس را پیشنهاد کرده‌اند که شامل موارد زیر می‌باشد:

- کلیه دروس مناسب برای یادگیری پیش زمینه‌های اساسی مفاهیم کنترلی پیشرفته.

- مواد درسی بر پایه متودولوژی کنترل با هدف کارآمد بودن برای شاغلین آینده در مهندسی کنترل

- مواد درسی مناسب جهت ایجاد آمادگی برای ادامه تحقیق در مقطع دکتری

- مواد درسی با محتوای رویکرد های عددی/محاسباتی برای جهت حل مسائل شبیه‌سازی، بهینه‌سازی و کنترل

این عدم توافق در نیازهای آموزشی خود منجر به رویکردهای مختلف در طرح درس در دانشگاه‌های گوناگون و حسب سلیقه مدیریت گرایش شده است که عبارتند از:

- تدریس یک دوره اصول اساسی در نظر گرفته شده برای مهندسی کنترل

- ارائه مجموعه‌ای از موضوعات پیشرفته در مهندسی کنترل - آموزش مفاد تئوری کنترل برای جهت دهی دانشجویان در راستای اهداف پژوهشی تحت نظر اساتید خاص.

عمده عناوین پوشش داده شده تدریسی حسب هر یک از انتخاب‌های فوق عبارتند از:

تجزیه و تحلیل فضای حالت خطی، مدل‌سازی سیستم‌های فیزیکی، توابع انتقال، بیان ماتریسی معادلات، تئوری تحقق، کنترل پذیری و رویت پذیری، پایداری سیستم‌های خطی تغییر

زمینه تربیت نیروهای متخصص - را افزایش داد. بدیهیست با ورود کارشناسان به روز و کارآمد به صنعت کشور می‌توان امیدوار بود که چالشهای موجود در صنعت و بالخصوص صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی که در تعامل گسترده و پیوسته با مبحث کنترل فرایندها می‌باشند، به نحو احسن برطرف گردیده و گامی بزرگ در راستای افزایش کیفیت محصولات تولیدی، رضایت مشتریان و در نتیجه افزایش درآمدهای کشور برداشته شوند.

۲- جایگاه آموزش کنترل فرایند در کشورهای پیشرفته

بطور کلی مبحث آموزش کنترل فرایند در کشورهای پیشرفته دنیا عمدتاً در دپارتمانهای مهندسی شیمی متمرکز بوده و بعلاوه گستردگی مطالب لازم جهت آموزش در مقطع کارشناسی، تمرکز اصلی بر روی این گرایش در مقاطع تحصیلات تکمیلی خود را نشان می‌دهد. با این حال، بر خلاف اتفاق نظری که در حوزه سرفصلهای آموزشی در مقطع کارشناسی بین اکثر دانشگاههای تراز اول دنیا وجود دارد، بعلاوه محدودیتهای ناشی از تعداد واحدهای قابل اخذ در مقاطع تحصیلات تکمیلی، چندان اجماعی در زمینه دروس و نیز شیوه آموزشی مربوط به گرایش کنترل فرایندها در بین صاحب نظران این حوزه دیده نمی‌شود. ضمناً با توجه به اینکه عمدتاً خواستگاه این گرایش دپارتمان مهندسی شیمی دانشگاههای مختلف می‌باشد، لذا دانشجویان تحصیلات تکمیلی مکلف هستند که در ابتدای امر دروس پایه‌ای تحصیلات تکمیلی در حوزه‌هایی نظیر پدیده انتقال پیشرفته، ترمودینامیک پیشرفته و مهندسی راکتورهای پیشرفته را گذرانده و سپس با توجه به موضوع تحقیقاتی خود سایر دروس اختیاری را انتخاب می‌نمایند. همچنین در غالب موارد، دانشجویانی که علاقمند به تحقیق در حوزه سیستمها می‌باشند، از دروس ارائه شده در سایر دپارتمانها نظیر مهندسی برق، مهندسی مکانیک و مهندسی هوا و فضا بهره‌مند خواهند شد.

شایان ذکر است که گرایش کنترل فرایند در مقطع تحصیلات تکمیلی، مطالبی بسیار فراتر از کنترل فیدبک را پوشش داده و شامل مدلسازی، شناسایی و مباحث پیشرفته‌تر در علم کنترل می‌گردد و شاید به بیان بهتر بتوان عنوان گرایش "سیستم" را بر روی آن نهاد. ضمناً مشابه دهه گذشته، در سطح جهانی عمدتاً دروس سیستمی بعنوان دروس اصلی در دپارتمان مهندسی شیمی در نظر گرفته نشده و جای تعجب فراوان است که علیرغم اینکه تمامی حوزه‌های مهندسی شیمی وابسته به

ربات. در دانشگاه آلبرتا هر دو دوره ای که در مقطع تحصیلات تکمیلی ارائه می شود دارای تجهیزات آزمایشگاهی است که در این آزمایشگاه ها دانشجویان به طور تجربی به ارزیابی روشهای کنترل پیشرفته روی فرآیندهایی با مقیاس آزمایشگاهی می پردازند و یا اینکه به جمع آوری داده های حاصل از کنترل حلقه باز و بسته با هدف شناسایی سیستم مشغول خواهند شد. در آزمایشگاه Ecol polytechnic مونترال به دانشجویانی که دروس کشت میکروب سلولی و شناسایی و کنترل فرآیند های زیستی را گذرانده اند، آزمایشاتی به عنوان کار کلاسی واگذار می شود. این آزمایشات شامل طراحی و ارزیابی استراتژی های کنترلی روی متغیرهای محیطی مثل اکسیژن محلول و PH می باشد. در دانشگاه صنعتی دانمارک، دوره ای با عنوان بهره برداری از پلنهای شیمیایی ارائه می شود که دانشجویان را با پلنهای کاربردی آشنا می نماید، به عنوان مثال پلنت شبیه ساز فرایند ستون تقطیر که شامل اندازه گیری، کنترل و سیستم ناظر ایمنی می باشد مورد بررسی دقیق قرار می گیرد. موضوعاتی که میتواند پوشش داده شود عبارت است از نحوه کالیبراسیون برای اندازه گیری، ساختار دیاگرام حلقه کنترلی، مقدمه ای بر سلسله مراتب کنترل پلنت، جنبه های ایمنی، نقشه های تولید و تاثیر زمان بندی روی عملکرد پلنت. شبیه سازی عملکرد پلنت در ناحیه عملکردی مشخص شده انجام می شود و سپس اعمالی نظیر کنترل با اپراتور و راه اندازی خودکار و توقف عملیات به اجرا می آید.

در دوره های که در سطوح کارشناسی ارشد دانشگاه EPFL ارائه میشود، آزمایش ها به گونه ای طراحی می شوند که خصوصیات دینامیکی فرآیند واقعی مثل اشباع محرک و نویز اندازه گیری و اثرات غیر خطی نیز نشان داده شوند. به منظور پاسخگویی به نیاز طیف وسیعی از دانشجویانی که از رشته های مختلف حضور دارند، از تعدادی سیستمهای مکترونیک، هیدرولیک و گرمایی در این آزمایشگاه ها استفاده می شود. در تمامی این سیستم ها، ۱۳ فرآیند فیزیکی متفاوت با هدف پشتیبانی و پوشش دادن به تمامی آزمایشات استفاده شده است. کار آزمایشگاهی برای تمامی دانشجویان در ۶ نیمسال اجباری است. مقدار ساعاتی که برای کار آزمایشگاه در نظر گرفته شده است بسته به رشته تحصیلی دانشجو متفاوت است. در هر سال تحصیلی در حدود ۱۵۰ دانشجو برای شرکت در کلاسهای آزمایشگاهی ثبت نام می کنند و بطور هفتگی در حدود ۱۰ ساعت کار انجام می دهند. تمامی آزمایشات به سیستم جمع آوری داده و کنترل مجهز هستند و کل اطلاعات در یک پایانه

ناپذیر با زمان (LTI)، طراحی کنترل بازخورد و جایابی قطب، طراحی LQR / LQG مقاوم، سیستم های گسسته در زمان، درجه آزادی و ساختار کنترل کننده.

در اغلب دانشکده ها در سطوح بین المللی رویکردهای عددی و محاسباتی (MATLAB + Toolboxes) به صورت موازی با مفاهیم و تئوری مباحث مطرح می شوند. می توان مشاهده نمود که حتی برای موضوعات بسیار نظری رویکرد اصلی در غالب مراکز ارائه دهنده مهندسی کنترل افزایش تاکید بر کاربردهای عملی است.

۲-۱- تجربیات آزمایشگاهی در دانشگاههای معتبر بین المللی

در اکثر برنامه هایی که برای دانشجویان مقاطع تحصیلات تکمیلی در نظر گرفته می شود، دوره ای که در آن بتوان از تجربیات آزمایشگاهی کنترل فرآیند استفاده شود وجود ندارد. این اتفاق چندان هم تعجب برانگیز نیست زیرا بسیاری از دانشجویان کنترل فرآیند، این تجربیات کنترلی را در طی انجام پایان نامه یا رساله دکترای خود کسب می کنند. به همین دلیل است که تنها دانشگاه هایی نظیر: دانشگاه منچستر، دانشگاه Los Andes، دانشگاه صنعتی دانمارک، اشتوتگارت، دانشگاه Utah، دانشگاه ایالتی اوکلاهما، دانشگاه آلبرتا، Lehigh، EPFL، واترلو و دانشگاه Ecole Polytechnic-Montreal به ارائه چنین دوره های آزمایشگاه محور می پردازند. تعدادی از دپارتمان ها، مخصوصا آنهایی که دروس بین رشته ای ارائه می دهند، از آزمایشگاه هایی غیر از آزمایشگاه های مستقیما مرتبط با مهندسی شیمی، استفاده می کنند (مانند آزمایش پاندول معکوس). بررسی صورت گرفته نشان داد که بیشتر دانشگاه ها انجام شبیه سازی و آموزش به کمک محیط شبیه ساز را بعلت سهولت کارکرد و نیاز به هزینه اولیه کمتر، بیشتر ترجیح می دهند. با اینحال نام بردن از تعدادی از دانشگاه هایی که به ارائه دوره های آزمایشگاه محور می پردازند در این قسمت از مقاله می تواند مفید باشد.

بعنوان نمونه دانشگاه Lehigh هر ساله اقدام به ارائه یک دوره آزمایشگاه محور مشترک بین مهندسی مکانیک و مهندسی شیمی می نماید که دانشجویان سال اول کارشناسی ارشد و دانشجویان پیشرفته کارشناسی می توانند از این دوره ها استفاده نمایند. این آزمایشگاه از ۱۱ آزمایش تشکیل شده است، ۵ تا ۶ آزمایش در طول یک نیمسال پوشش داده میشود. آزمایش هایی که می توان انجام داد عبارتند از: آزمایشات PRBS، فیدبک Relay، آزمایشهای مربوط به پایداری و PLC برای راه اندازی

موردی زیادی را گسترش دهند و شبیه سازی نمایند. در دانشگاه ملی علم و صنعت تایوان بطور وسیع از شبیه سازی در مطالعات موردی استفاده می شود (۶ عدد مطالعه موردی). تقریباً در تمامی شبیه سازیها از پلت فرم SIMULINK نرم افزار Matlab استفاده شده است.

بدیهیست انجام شبیه سازی در زمینه مطالعات موردی برای آماده سازی دانشجویان در مواجهه با مشاغل صنعتی بسیار با اهمیت است. دلیل این اهمیت هم این است که در بسیاری از صنایع پیشرفته از شبیه سازیهای واقعی به عنوان یک قسمت مکمل و مهم برای آموزش اپراتور و پشتیبانی مهندسان استفاده می شود. ارائه شبیه سازی مطالعات موردی در این سبک باید به عنوان قسمت مهمی از آموزش مهندسان مدنظر قرار بگیرد.

۲-۳- مهارتهای مورد نیاز فارغ التحصیل دوره دکتری مهندسی کنترل فرایند در سطح بین المللی

دیدگاه صنعتی

سوال مطرح شده در این بخش اینست که آموزش دانشجویان دوره دکتری با این سیستم به چه نحوی باشد که آنها را برای بکارگیری در صنعت آماده کند؟ فهرست زیر خلاصه ای از اطلاعات به دست آمده از صنایعی است که در حوزه های شیمی، نرم افزار و نیمه رساناها فعالیت می کنند:

- توانایی استفاده از ریاضیات، انواع نرم افزارها و داشتن مهارتهای برنامه نویسی.
- آشنا به مباحث فنی کنترل های پیشرفته (مانند MPC).
- قادر به تبدیل داده ها به اطلاعات مفید و تصمیم گیری روی کنش های احتمالی.
- قادر به انتقال مسائل پیچیده، واقعی و بی انتها به یک مدل ریاضی.
- درک کیفیت داده ها و کیفیت مدل ها
- دارا بودن مهارتهای ارتباطی و دوستانه، توانایی رهبری پروژه، توانایی انجام کار گروهی، قادر به فروش ایده ها بواسطه فن بیان و متقاعد سازی (تحریک کردن خریدار)
- قادر به انجام کار بصورت مستقل، مسئولیت پذیر و قادر به کامل کردن پروژه در زمان مشخص.

کامپیوتری جمع آوری شده اند. کنترلرهای الکترونیکی صنعتی با هدف آشنایی دانشجویان با تجهیزاتی که در صنعت استفاده می شوند نیز مورد استفاده قرار می گیرند. سروو موتور، تجهیزات کمک آموزشی فرآیند و آزمایش پاندول معکوس به دو صورت در محل یا از راه دور، از طریق پرتال eMersion، در اختیار دانشجویان قرار می گیرد. در دانشگاه اشتوتگارت (انستیتو تئوری سیستم)، آزمایشاتی که در آزمایشگاه انجام می شود معمولاً تلفیقی از دوره هایی است که برای تئوری کنترل ارائه می شود، به عنوان مثال کنترل چند متغییره ستون تقطیر و پاندول معکوس.

۲-۲- کاربری شبیه سازیهای مختلف در دوره های تحصیلات تکمیلی

همانگونه که پیشتر نیز ذکر گردید، استفاده از شبیه سازیهای مختلف در دوره های تحصیلات تکمیلی اکثر دانشگاههای مورد مطالعه رایج است. شواهد حاکی از آن است که از شبیه سازی به عنوان محور اصلی آموزش در طول ترم استفاده می شود. در پاسخ به سوال استفاده از شبیه سازی در مطالعه موردی یک فرآیند خاص، تقریباً نیمی از پاسخهای دریافتی حاکی از استفاده از شبیه سازی در دوره دانش آموختگی است. معمولاً دانشگاه هایی که دارای پلنتهای عملیاتی هستند با داده های صنعتی سر و کار دارند کمتر از شبیه سازی استفاده می کنند. با این حال حتی دپارتمانهایی که از آزمایشگاه های مجهز بهره می برند نظیر دانشگاه منچستر، معتقدند که استفاده از شبیه سازی در مطالعات موردی سودمند است.

مطالعات موردی که برای شبیه سازی استفاده شده اند اغلب پلنتهای استاندارد هستند که در مهندسی شیمی استفاده می شوند. این موارد اکثراً شامل ستون تقطیر، راکتور شیمیایی و فرایند PH می باشند. به همین منوال می توان تعدادی از فرایندهای دیگر را که از عمومیت کمتری برخوردارند نظیر اکستروژن فیلم پلیمری و فرایند کوره آهک پزی را نام برد. تعداد کمی از انستیتوها از شبیه سازی پلنت وسیع برای مطالعات موردی خود استفاده می کنند. از مشهورترین این فرایندها می توان از فرایند Tennessee Eastman و تجزیه گر Shell یا نمونه های توسعه یافته در HYSYS نام برد. بعضی دپارتمان های واقع در خاوردور، از مثالهایی در صنایع میکروالکترونیک استفاده می کنند. مطالعات موردی که با فرآیند های بیوزیستی سروکار دارند به نسبت کم هستند اما شواهد حاکی از آن است دانشجویانی که روی این پلننها کار میکنند توانسته اند در همین راستا مطالعات

دانش آموختگان دوره دکتری تخصصی نیاز دارند خود را با مشکلات صنایع جدید وفق دهند و به ارائه راه حل برای مشتریان بپردازند، مهارت‌های مدل سازی و تصمیم گیری که به واسطه سیستم آموزشی کاربردی در دانشجویان ایجاد می شود در آینده بسیار مورد توجه قرار خواهد گرفت.

۳- وضعیت فعلی آموزش کنترل فرایند در داخل کشور

با توجه به بررسی ها صورت گرفته، در کشور ما اصولاً تمرکز بر روی گرایش کنترل فرایند در دپارتمانهای مهندسی شیمی صورت پذیرفته و بر طبق اعلام سازمان سنجش ۸ دانشگاه کشور در گرایش مدلسازی، شبیه سازی و کنترل، سالانه اقدام به جذب حدود ۶۰ دانشجوی روزانه در این گرایش مهندسی شیمی می نمایند. این دانشگاهها، عبارتند از دانشگاه تهران، دانشگاه شیراز، دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه علم و صنعت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشگاه گیلان و دانشگاه صنعتی اصفهان [3]. در ارایه این تحقیق فرض بر این است که در سال ۲۰۱۵ میلادی تمامی دانشگاههای مطرح و شناخت شده کشور منجمله ۸ دانشگاه اشاره شده فوق، کلیه اطلاعات مورد نیاز در زمینه کیفیت ارایه دروس رشته های خود را در سایت اصلی دانشگاه قرار داده و بتوان بر پایه آن اطلاعات نسبت به ارزیابی آن گرایش خاص در آن دانشگاه اقدام نمود. لذا با توجه به اطلاعات در دسترس و بر طبق بررسی های صورت گرفته، تنها دانشگاهی که می توان ادعان نمود که تا حدودی دروس ارایه شده در آن در دپارتمان مهندسی شیمی منطبق با دروس ارایه شده در آن گرایش در سطح دانشگاههای معتبر بین المللی می باشد، دانشگاه صنعتی شریف است که در آن درسهایی نظیر

- کنترل غیرخطی
 - کنترل مدرن و بهینه
 - کنترل دیجیتال
 - ریاضیات پیشرفته
 - کنترل تطبیقی
 - پدیده های انتقال پیشرفته
 - کاربرد هوش مصنوعی در مهندسی شیمی
- در دو ترم متوالی ارایه می گردند [4]. متأسفانه در سایت سایر دانشگاههای داخلی مدعی ارایه گرایش کنترل فرایند، اطلاعات دقیقی در زمینه دروس کنترلی ارایه شده یافت نشد. بعنوان مثال دانشگاه علم و

- قادر به کار کردن با میهمانها، مشتریان، کاربران نهایی، اپراتور پلنت و مدیران.
- تمایل داشتن به ورود در حوزه های جدید علمی.
- دارا بودن از تجربه های صنعتی.

چنانچه دانشجویان دوره دکتری مهندسی کنترل فرایند با چنین قابلیت‌هایی دانش آموخته شوند (دانشجویان دکتری در صنعت نیز مشغول هستند) آنگاه می توان ادعا نمود که می توان پیشرفتهای آکادمیک را در عرصه صنعت و حوزه سیستم بکار برد. مثالهای استفاده از این ایده شامل: کنترل پیش بین مدل در فضای حالت، مانیتورینگ عملکرد کنترل کننده و شناسایی زیر سیستم ها می شود. از این منظر، ویژگی دیگری که برای دانش آموختگان دکتری این سیستم آموزشی می توان برشمرد عبارت است از درک مفاهیم تئوری از طریق مجلات و مقالات روز دنیا جهت بکار گیری آنها در اتاقهای کنترلی صنعتی می باشد.

فرصتهای شغلی در آینده برای فارغ التحصیلان خارج از کشور

پیش بینی شده فرصت های شغلی برای فارغ التحصیلان دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی کنترل فرایند در طول سالیان آتی زمینه های رو به رشد وسیعی را پوشش می دهد که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود [2].

- ارایه راه حل‌های کاربردی به مشتری.
- یکپارچه سازی خدمات فنی، شیمیایی، موادی
- اطلاعات، الکترونیک، مخابرات.
- نیمه هادی ها (صفحه های نمایش، پلیمرهای خاص، وسیله های انرژی)
- پزشکی (تشخیص، بسته بندی، بافت ها، منابع جراحی)
- مواد/ وسایل برای پاکیزگی، بهداشت محیط (دفتر کار، منزل) و نظافت فردی.
- مواد اولیه وسایل و وسیله های الکتریکی (اتوموبیل ها، هواپیماها)
- صنایع نفت و گاز و پتروشیمی

واضح است که صنایع مختلف می تواند مهارت دانشجویان دکتری را در بسیاری از این حوزه ها بکار گیرد. رفتار دیگری که قابل مشاهده است این است که شرکتهای صنعتی تمرکز بیشتری بر روی علم داشته و این موضوع را می توان از بررسی هایی که روی بازارهای مالی انجام می شود، دریافت نمود. اگرچه

شریف، علم و صنعت، شیراز و تربیت مدرس اعضای هیات علمی که علاقمند به ورود به این حوزه های تحقیقاتی باشند، به صورت موردی و محدود مشغول به تحقیق و تدریس و تربیت دانشجو می باشند. با این وجود به این علت که بعضا دانشجویانی که موضوع تز کارشناسی ارشد و یا دکترای خود را در دپارتمانهای مهندسی برق، مرتبط با مباحث کنترل فرایندی اخذ می نمایند، دارای سوابق آموزشی مورد نظر در حوزه مهندسی شیمی نمی باشند، لذا جذب این نفرات در صنایع فرایندی کشور عمدتا در مسوولیت های خطیر فرایندی با چالشهایی روبرو خواهد بود. بعنوان مثال، در اکثر پالایشگاههای کشور، مسوولیت اتاق کنترل اصلی با مهندسين شیمی-فرایند بوده و بعضا شرایط ایجاب می نماید که از دانش و تخصص مهندسين برق-گرایش کنترل در آن حوزه ها بهره گیری گردد. البته بد نیست در اینجا به این مطلب اشاره نمود که در چند سال اخیر دانشگاه صنعت نفت با معرفی رشته مهندسی اتوماسیون و ابزاردقیق تا حدود نسبتا زیادی توانسته است با تعریف سیلابس های مناسب آموزشی که بطور همزمان موارد مربوط به مهندسی کنترل و مهندسی فرایند را پوشش داده، پلی موثر جهت ورود دانشجویانی با پیشینه مهندسی برق، مکانیک و شیمی به مباحث کنترل فرایندی و آن هم بصورت صنعتی در دو حوزه بالادستی و پایین دستی فراهم آورد. سرفصلهای دروس کنترلی ارائه شده در این دانشگاه عبارتند از

- کنترل فرایند پیشرفته
- ابزاردقیق پیشرفته
- شبیه سازی و مدلسازی فرایندها
- شناسایی سیستم
- کنترل هوشمند فرایندها
- کنترل غیرخطی
- کنترل مدرن
- ابزاردقیق چاههای نفت و گاز
- PLC پیشرفته
- سیستم DCS
- سیستم های SCADA

صنعت دروس زیر را برای گرایش های مختلف رشته مهندسی شیمی ارائه می دهد که همانطور که در لیست دروس دیده می شود، موارد مرتبط با کنترل چندان پررنگ نمی باشد [5].

- طرح راکتور پیشرفته
- ترمودینامیک پیشرفته
- ریاضیات مهندسی پیشرفته
- محاسبات عددی پیشرفته
- انتقال جرم پیشرفته
- انتقال حرارت پیشرفته
- مکانیک سیالات پیشرفته
- طراحی مفهومی فرایندها
- بهینه سازی
- مدسازی و شبیه سازی
- کنترل فرایند پیشرفته
- دینامیک سیالات محاسباتی
- انتقال حرارت (جابجایی)
- اصول مهندسی فرآیند
- طراحی به کمک کامپیوتر
- انتگرالیون فرآیندها
- طراحی تجهیزات فرآیندی
- بازیافت انرژی در صنعت

با کنار هم قراردادن اطلاعات در دسترس از سرفصلهای ارائه شده دانشگاههای مختلف و نیز این ادعا که گرایش مدلسازی، شبیه سازی و کنترل در دپارتمان مهندسی شیمی آن دانشگاهها ارائه می گردد، می توان به این نتیجه رسید که عمدتا، در این دپارتمانها مباحث مربوط به مدلسازی و شبیه سازی پررنگتر بوده و جز در دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی شریف، توجه چندانانی به ارائه دروس کنترلی در سایر مراکز علمی صورت نمی پذیرد.

از طرفی بد نیست در اینجا به این نکته نیز اشاره گردد که مباحث مربوط به کنترل فرایند، بعضا در دپارتمان های مهندسی برق نیز مورد توجه قرار میگیرد و بعنوان مثال در گروه کنترل دانشگاههای تهران، امیرکبیر، خواجه نصیر، صنعتی

مکلف گردند که نسبت به تهیه این حداقل ها اقدام نمایند تا دانشجویان مقاطع مختلف تحصیلی بالاخص دانشجویان تحصیلات تکمیلی علاوه بر انجام آزمایشات اولیه و پایه بتوانند کاربری مباحث پیشرفته کنترلی در حوزه صنعت را از نزدیک لمس نموده و پس از ورود به صنایع مختلف و حساس کشور، نهایت دانش کاربردی آنها همچنان در سطح تنظیم پارامترهای کنترل کننده های مرسوم نظیر PID باقی نماند.

۵- نتیجه گیری

در مقاله حاضر سعی بر این بوده است که ضمن بررسی همزمان کیفیت فعلی آموزش کنترل فرایند در سطح دنیا و در دانشگاههای معتبر این حوزه و نیز دانشگاههای داخلی مدعی ارایه این گرایش، بتوان ضمن شفافسازی فاصله موجود، نسبت به ارایه راهکارهای عملی جهت کاهش این خلاها بمنظور تربیت نیروهای متخصص و زبده اقدام نمود تا به تبع آن، صنایع حساس کشور نظیر صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و حتی نیروگاههای مختلف بتوانند از مزایای در اختیار داشتن متخصصین واقعی کنترل فرایند که علاوه بر آشنایی با اصول مباحث فرایندی از تسلط کافی به دانش روز کنترل و ابزار دقیق برخوردار بوده و بتوانند عملکرد هر یک از حلقه های کنترلی را تحلیل نموده و راهکارهای لازم جهت بهینه سازی کلی فرایند را ارایه دهند برخوردار شوند.

مراجع

- [1] T. F. Edgar, B. K. Ogunnaike, K. R. Muske, "A global view of graduate process control education", Computers and Chemical Engineering 30 (2006) 1763-1774.
- [2] Massachusetts Institute of Technology (2006). Frontiers in Chemical Engineering Education Initiative. <http://web.mit.edu/che-curriculum/>
- [3] www.sanjesh.org
- [4] <http://che.sharif.ir/index.html>
- [5] <http://www.iust.ac.ir/find.php?item=15.14091.33922.fa>
- [6] <http://www.put.ac.ir>

با تمام این اوصاف می توان اذعان نمود که تنها دو دانشگاه در سطح کشور اقدام به تربیت و آموزش حقیقی متخصصین کنترل فرایند به معنای واقعی کلمه و آن هم بصورت سیستماتیک و تقریباً منطبق با استانداردهای آموزشی دنیا می نمایند که عبارتند از دانشگاه صنعت نفت و دانشگاه صنعتی شریف و در سایر دانشگاههای کشور، تا حدودی این عنوان از ذات واقعی و اهداف ترسیم شده خود فاصله دارد. از طرفی همانطور که پیشتر نیز ذکر گردید، نیاز به تربیت متخصص در این گرایش خاص از اولیتهای آموزشی کشور بوده و لذا نیاز است که مسوولین امر با ترسیم نقشه راه مناسب و هدفگذاری شده در این راستا قدم بردارند.

۴- ارایه راهکار جهت دستیابی به سطح معتبر آموزشی در حوزه کنترل فرایند در داخل کشور

اولین قدم در راستای اصلاح هر پدیده و ارتقای کیفیت آن شناسایی دقیق وضعیت فعلی آن می باشد. متأسفانه همانطور که در متن مقاله هم ارایه شد، اکثر دانشگاههای ما که ادعای فعالیت در حوزه کنترل فرایند را دارا می باشند نتوانسته اند اطلاع رسانی مناسبی از نحوه کیفیت ارایه این گرایش در سطح دانشگاه خود و دروس ارایه شده و نیز مراجع به کار گرفته شده ارایه دهند. لذا اولین گام این است که در ابتدایی ترین سطح اطلاع رسانی، سایتهای درسی بروز رسانی شده و در قدمهای بعد از روشهای نوین اطلاع رسانی بهره گیری گردد.

در قدم بعدی، نیاز است که از طریق دو کانال دانشگاهی و صنعتی بطور موازی نسبت به انجام نظرسنجی در زمینه دروس اصلی و نیز پیشنهادی که هم می تواند کاربری تحقیقاتی داشته و هم کاربری صنعتی، اقدام لازم صورت پذیرد و پس از جمع آوری اطلاعات جامع، کمیته ای متشکل از صاحب نظران دانشگاهی و صنعتی نسبت به استخراج لیستی از دروس کاندید با ذکر اولویت ها اقدام نمایند و دانشگاهها و مراکز آموزشی موظف باشند که نسبت به تبعیت از این لیست اقدام کنند.

یک قدم اساسی دیگر، اینست که حداقلهای لازم چه از لحاظ پایلوت پلنهای آموزشی و چه از لحاظ محیط های شبیه سازی معتبر و نیز فرایندهای شبیه سازی با الگو برداری از چند دانشگاه معتبر دنیا که پیشتر در حوزه کنترل فرایند می باشند، مورد بررسی دقیق قرار گرفته و دانشگاههای مدعی ارایه این گرایش