فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال نوزدهم، شماره ۷۶، زمستان ۱۳۹۶، صص. ۱۲۴-۹۹

ارزیابی کیفیت آموزش‌های مهندسی با استفاده از سیستم پیامدمحوردر دانشگاه فنی ــ مهندسی بوئین زهرا

حسین زینل [۱] و شیوا منصورزاده [۲]

چکیده: کیفیت آموزش‌های مهندسی و ارزیابی سطح کیفی فرآورده‌های مراکز آموزش‌عالی فنی ـ مهندسی از فوریت‌های اخیر سیاست‌گذاران امور علم و فناوری در خارج و داخل کشور بوده است. رویکردهای متداول ارزیابی کیفیت آموزش معمولاً سنتی و مبتنی بر تجربه بوده و به‌طور مدون و نظام‌مند مدیریت و سنجش نمی‌شوند. لذا، تدوین یک سیستم ارزیابی کیفیت بر آموزش‌های مهندسی ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله سیستم ارزیابی پیامدمحور پیشنهاد و در مرکز آموزش عالی فنی ـ مهندسی بوئین زهرا پیاده‌سازی شده است. با این هدف که روندهای موجود آموزش مهندسی را مدیریت‌پذیر و قابل‌کنترل کرده و اهداف و خواسته‌های درونی و برونی جامعه و صنعت (در این مقاله ۱۲ هدف به‌عنوان برون‌دادهای یک مرکز دانشگاهی پیشنهاد شده است) را پاسخ دهد. این سیستم، کیفیت آموزش‌ها را با تأکید بر پیامدها (خواسته‌ها و اهداف) در یک چرخه بازخوردار مشاهده، نظارت و ارزیابی می‌کند. در این مدل پیشنهادی، اهداف برنامه‌های کارشناسی دوازده‌گانه و در امتداد آنها اهداف یادگیری (بین ۱ تا ۶ هدف) هر درس تبیین شده و امکان سنجش و اندازه‌گیری سطح دستیافت‌ها میسر می‌شود. با نگاهی راهبردی دروس کاربردی از ۳۰ درصد از دروس پایانی هر برنامه کارشناسی انتخاب می شود تا سطح بهره‌وری رویکرد پیشنهادی را بهینه کند. نتایج پیاده‌سازی عملی این سیستم بر روی ۱۱ درس در مرکز آموزش عالی فنی ـ مهندسی بوئین زهرا حاکی از افزایش روئیت‌پذیری فرایند آموزش، عیب‌یابی و جهت‌دهی کیفی روندهای تدریس و یادگیری بوده است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی کیفیت، آموزش‌های مهندسی، سیستم پیامدمحور، روئیت‌پذیری سیستم، برنامه بهبود کیفیت

---

۱. استادیار گروه مهندسی برق و کامپیوتر، مرکز آموزش عالی فنی و مهندسی بوئین زهرا، جاده آقا امام، بوئین زهرا، قزوین، ایران. (نویسنده مسئول)
hzeynal@gmail.com
۲. استادیار گروه مهندسی صنایع و مکانیک، مرکز آموزش عالی فنی و مهندسی بوئین زهرا، جاده آقا امام، بوئین زهرا، قزوین، ایران.
sh.mansoorzadeh@gmail.com

(دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۷/۱۸)
(پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱/۱۹)
DOI: 10.22047/ijee.2018. 100586.1485

۱. مقدمه

رشد کمّی آموزش مهندسی در کشور شاهد بروند چشمگیری بوده است. به طوری که، در سال تحصیلی ۹۵-۱۳۹۴، تعداد دانشجویان ورودی در رشته‌های مهندسی بیش از یک میلیون و سیصدهزار نفر بوده و همچنین، تعداد دانش‌آموختگان در آموزش مهندسی در سال مشابه بالغ بر ۲۹۵/۰۰۰ نفر شده است (بازرگان، ۱۳۹۶). اما میزان رشد کیفی آموزش‌های مهندسی همسان با افزایش نرخ دانش‌آموختگان همواره محل شک و تردید صاحب‌نظران آموزش مهندسی بوده است (بازرگان، ۱۳۹۶). اهمیت تحقیق در سنجش کیفی آموزش‌های مهندسی سرآغاز دو دهه کوشش‌های بین‌المللی در توسعه و طرح‌ریزی سازوکارهای سنجش درونی و برونی مرغوبیت آموزش‌های مهندسی و تأسیس انجمن‌های مرتبط و حتی رشته نوظهور دانشگاهی با همین عنوان، آموزش مهندسی، بوده است که نشان از ضرورت این مهم در جوامع پیچیده امروزی می‌نماید (معماریان، ۱۳۹۶) و (Blogna, 2010).

در سالیان اخیر، کیفیت آموزش‌های مهندسی ازجمله دغدغه‌های مهم نظام آموزش عالی ایران و کارفرمایان صنعتی بوده است. بر همگان مبرهن است که گسل عمیق بین کیفیت آموزش و نحوه ارزیابی کیفیت، نقش قابل‌توجهی در عدم بهره‌برداری لازم از منابع و خدمات سیستم آموزشی در دانشگاه‌ها داشته است و زمینه‌ساز تصمیم‌سازی‌هایی مبتنی بر تجربه بر کیفیت فرآورده‌ها (دانش‌آموختگان، خدمات آموزشی، فناوری‌های علمی) بوده است (یوسفی افراشته، ۱۳۹۴). پرسش‌های اصلی که در این مقوله مطرح است شامل موارد زیر است؛ چطور می‌توان به‌طور نظامند سیستم آموزشی را مدیریت و کنترل کرد؟ آیا می‌توان سیستم ارزیابی کمّی برای سنجش کیفیت یک سیستم آموزش مهندسی تهیه کرد؟ سیستم سنجه‌ای[1] پیشنهادی باید حاوی چه ویژگی‌هایی باشد؟ برای یافتن پاسخ مناسب به این پرسش‌ها باید دریافت که رابطه میان مدیریت‌پذیری و ارزیابی یک سیستم و درجه مشاهده‌پذیری و سازوکار اندازه‌گیری آن چگونه است. به عبارتی آیا می‌توان گفت سیستمی مدیریت‌پذیر است که بتوان کمیّت‌های آن را اندازه‌گیری کرد؟

برای طرح‌ریزی مناسب یک سیستم ارزیاب کیفیت آموزش‌های مهندسی ابتدا باید دریافت که کیفیت چیست و چگونه در آموزش مهندسی سنجیده می‌شود. تعریف‌های مختلفی از کیفیت می‌توان ارائه کرد. یکی از تعریف‌های کاربردی شایع عبارت‌اند از «مجموعه ویژگی‌ها و خصوصیات یک فرآورده یا خدمت که نمایانگر توانایی آن در برآوردن خواسته‌های بیان‌شده و اشاره‌شده باشد» (بازرگان، ۱۳۹۶). با اتکا به این تعریف، راه برای توسعه سیستم ارزیابی کیفیت در نظام آموزش عالی هموار می‌شود. تعریف فوق ناظر بر تدارک سیستمی است که بتواند از یک سو خواسته‌های بیان‌شده از یک مرکز آموزش عالی را تبیین کند و از سوی دیگر میزان پاسخگویی فرآورده‌های دانشگاهی به این خواسته‌ها را به‌طور دقیق، بسنجد.

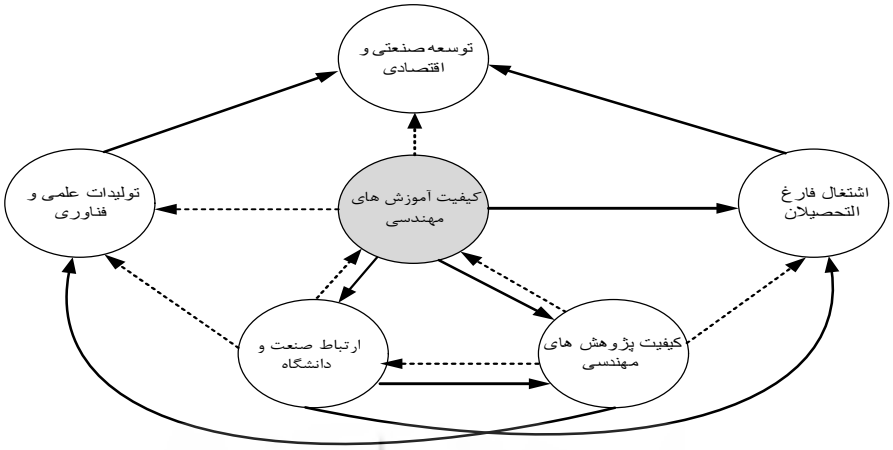
---

۱. برابرنهاد فارسی برای واژه «متریک»، مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی

همانطور که در بالا اشاره شد، تعیین خواسته‌های یک دانشگاه فنی ـ مهندسی و در مقیاسی کلان‌تر نظام آموزش عالی مقدمه طرح‌ریزی سیستم مناسب ارزیابی کیفیت است. بنابراین در مدل پیشنهادی ارزشیابی، تنها داشته‌های دانشگاه مهم نیستند بلکه قابلیت، مهارت و توانمندی‌های خروجی و محصول دانشگاه برای برنامه‌ریزی محاسبه می‌شود. در این رویکرد خواسته‌های دانشگاه در قالب اهداف ملموس تدوین‌شده به طوری‌که نیازهای روز صنایع مرتبط با رشته‌های دانشگاهی و شاخص‌های توسعه علم و فناوری را آدرس‌دهی کند (بازارگان، ۱۳۹۴).

کاهش رضایت کارفرمایان و صاحبان صنایع و نامطلوب بودن فنی محصولات مراکز آموزش، نیاز به حرفه‌ای کردن و تغییر نگرش در آموزش مهندسی را بر همگان آشکار ساخت (همان) و (وزارت علوم، ۱۳۹۵). رشد کمّی تعداد دانش‌آموختگان مهندسی همواره به‌عنوان سوخت مؤثر موتور اقتصادی کشور محسوب می‌شود که مهندس تولیدشده حداقل استانداردهای لازم برای مواجهه با مسائل در دنیای رقابتی با پیچیده‌گی بالا را داشته باشد. تولید مهندس مرغوب و حرفه‌ای آخرین محصول از فرایند آموزش کیفی در سیستم‌های آموزشی مراکز آموزش عالی بوده است. در این مسیر، انجمن‌های کنترل کیفیت در سراسر دنیا به‌تدریج شکل یافتند و شاخص‌های یک مهندس ماهر و حرفه‌ای را تدوین کردند (Crawley, 2014).

درواقع، نیاز اصلی تهیه یک سازوکار فراگیر آموزشی ـ سنجشی برای مدیریت و کنترل کیفیت خروجی‌های دانشگاه‌ها است. در این مهم آموزش عالی ایران عزم خود را به اصلاح و نوسازی نظام آموزش عالی جزم کرده است (وزارت علوم، ۱۳۹۵). تدوین یک نظام کمّی ـ کیفی آموزش مهندسی می‌تواند سهم آشکاری در کنترل کیفی و مدیریت اهداف در فرایندهای آموزش مهندسی داشته و مقدمات بهبود خدمات آموزشی منطبق با نیاز صنعت، پیش‌بینی بازار کار، ارتقای استانداردهای معیشتی اجتماع را فراهم آورد. در این منظر، دانشگاه را باید به‌مثابه کارخانه تولید مهندس متصور شد که مرغوبیت کالای آن ضامن بقا در بازار نیازهای حرفه مهندسی و مهندس است. شکل ۱ ارتباط تنگاتنگ کیفیت آموزش عالی و شاخص‌های علم و فناوری و نقش مستقیم و غیرمستقیم (خطچین) در افزایش اشتغال و توسعه اقتصادی کشور را نشان می‌دهد. حل معمای کیفیت آموزش گره‌گشای بسیاری از مسائل وزارتخانه‌های مختلف و موانع رشد اقتصادی کشور خواهد بود (وزارت علوم، ۱۳۹۵).



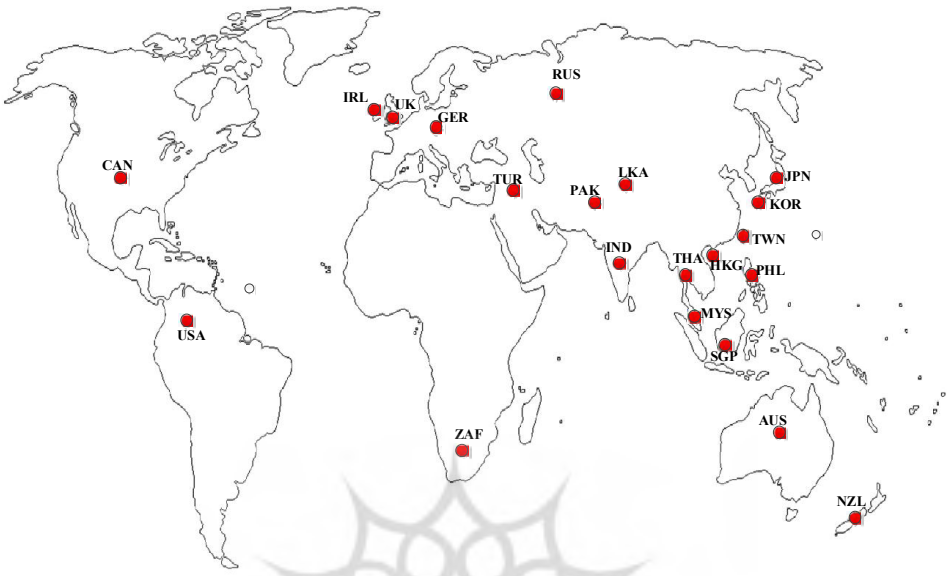
شکل ۱: اهمیت کیفیت آموزش در تحولات علم و فناوری

سنجش میزان آموخته‌ها در آموزش مهندسی جوهر اصلی حرکت‌های کنترل کیفی در سراسر دنیا بوده است. نگاهی به تاریخچه تحول آموزش مهندسی از اوایل سال ۱۹۵۰ تا به امروز بیانگر این واقعیت است که یک تغییر نگاه تدریجی از آموزش محتوامحور به آموزش پیامدمحور[1] در زمینه‌های مهندسی رخ داده است (Spady, 1994 ; Crawley, 2014). جزء و تمرکز اصلی این دیدگاه، ارزیابی میزان دستیافت‌های دانشجو بوده است. درواقع، برون‌دادها تحت سنجش قرار می‌گیرند و تنها فرایند یک‌سویه (پوشش محتوا و انحصاری بودن مدرس) آموزش تعیین‌کننده نخواهد بود (بازرگان، ۱۳۹۴). در این پارادایم حرکتی، میزان، درواقع، دستاورد فنی ـ مهندسی دانشجو است.

سیستم پیامدمحور به‌عنوان یک راهبرد مدرن در سنجش و اصلاح سازوکارهای آموزش علوم کاربردی مانند مهندسی راه خود را در دهه اخیر در نظام‌های آموزشی کشورهای صنعتی دنیا باز کرده است (Tshai, 2014; Rose, 2016). این سیستم آموزشی نوین، رویکرد جامعی برای سازماندهی و اداره سیستم آموزشی مهیا می‌سازد که برمبنای اصول آموزشی پیامدمحور و دانشجو ـ مرکز تعریف و بنیان نهاده شده است. به نحوی، بازخوانی اولین تعریف از سیستم آموزشی پیامدمحور «برنامه‌ریزی آموزشی مبتنی بر پیامد یعنی آغاز به کار با داشتن تصویر روشنی از آنچه که دانش‌آموختگان باید قادر به انجام آن باشند و سپس سازماندهی، برنامه‌ریزی، ساختاردهی و ارزیابی برای اینکه مطمئن شویم یادگیری مطلوب محقق شده است». رسالت اصلی و توان عملیاتی این رویکرد را به مخاطب برساند. در این سیستم پیامدها به‌عنوان اهداف

---

1. Outcome-Based Education (OBE)



شکل ۲: گستردگی نظام‌های آموزش مهندسی مبتنی بر پیامد در سراسر جهان

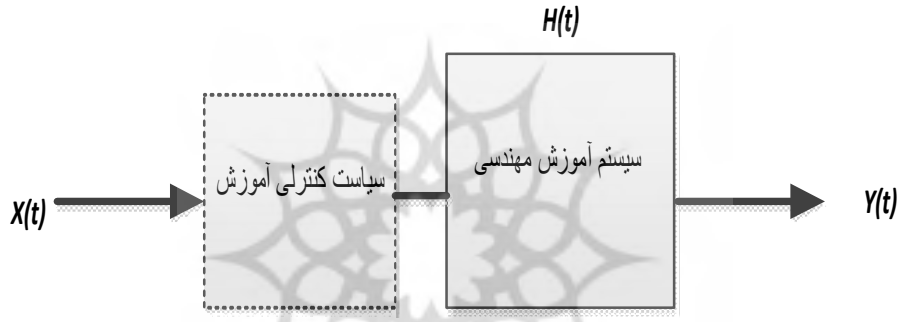
برنامه‌های آموزشی شاخص شده و شیوه‌های آموزش و سنجش درونی با اتکا بر اهداف برنامه تعیین‌شده و به‌صورت تکاملی اجرا می‌شوند. نتیجه کار، کیفیت دستیابی به اهداف (خواسته‌ها) ازپیش‌تعیین‌شده (افزایش مهارت‌های فنی، دانش مهندسی و مهارت‌های اجتماعی) است.

در دو دهه اخیر، مراکز آموزش مهندسی و دانشگاههای معتبر در کشورهای مختلف در گستره جهانی از شرق تا غرب مطابق شکل ۲ سیستم ارزشیابی مبتنی بر پیامد را در نظام آموزشی خود نهادینه کرده‌اند (ABET, 2017; CEAB, 2017). دانش‌آموختگان این نگرش تازه و دانش‌آموختگان مهندسی باید به دستاوردهای مشخصی، مثل مهارت‌های ارتباطی و کارِ گروهی دست یابند. توسعه این گونه مهارت‌ها نیاز به روش‌های تدریس و ارزیابی خاصی دارد که به‌طور سنتی در آموزش مهندسی وجود نداشته و برای بسیاری از اعضای هیأت علمی ناشناخته است (Felder, 2003). مطابق شکل ۲ غالب کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه با استانداردهای این سیستم همسو شده و چیرگی فنی، علمی و اجتماعی فراورده‌های خود را در جهان آشکار ساخته‌اند.

۲. سیستم ارزیابی کیفیت آموزشی

الف. سیستم سنتی یک‌سویه

در تهیه یک سیستم مدوّن برای مدیریت آموزش‌های مهندسی که بتواند نیازهای درونی و بیرونی دانشگاه، صنعت و جامعه را دربرگیرد، نکات زیر حائز اهمیت است. تهیه اهداف برای دوره‌های مهندسی (کارشناسی، کارشناسی ارشد) و به‌تبع آنها اهداف یادگیری هر درس از دوره مربوط، بخش ابتدایی حرکت به‌سوی یک سیستم آموزشی مدیریت‌پذیر و کنترل‌پذیر است.



شکل ۳: نظام سنتی و حلقه باز مدیریت کیفیت آموزش مهندسی

شکل ۳ نمایش بلوک ـ دیاگرام عملکردی عموم دانشگاه‌های کشور را نشان می‌دهد. مطابق آن، عملکرد یک‌سویه[1] از مشخصه‌های بارز آن است که دلالت بر سادگی اجرا و پیاده‌سازی آن دارد. همانطور که در شکل آشکار است، مبادی ورودی سیستم شامل حجم وسیعی از دانشجویان است که با $x(t)$ نمایش داده شده و خروجی‌های آن $y(t)$ است که نرخ دانش‌آموختگان و مرغوبیت آنها را نشان می‌دهد. با این تعاریف، هر محصول دانشگاه نتیجه اعمال سیاست‌های آموزشی رایج، که به‌صورت پارامتر $H(t)$ نام‌گذاری شده، بر روی ورودی‌ها است، به عبارتی:

$$y(t) = H(t).x(t) \qquad (۱)$$

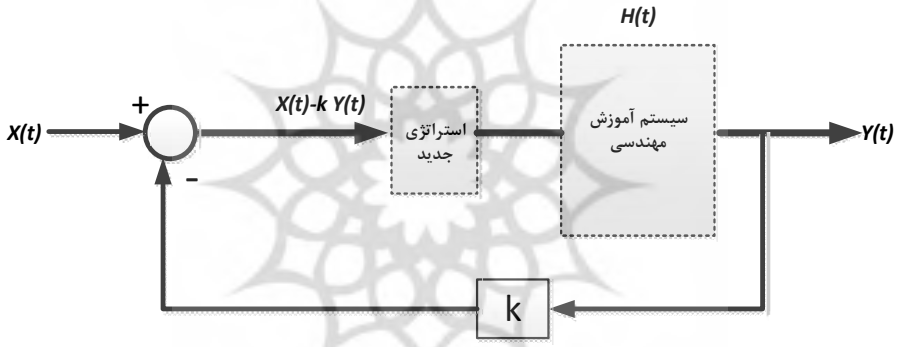
در این نوع سیستم روند جامعی برای کنترل کیفیت آموزش دیده نمی‌شود و از مبادی خروجی نمونه‌برداری و مقایسه با سطح کیفی دل‌خواه انجام نمی‌گیرد. همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده، هر پیامد و برون‌داد

---

1. Feed-forward

آموزشی، $y(t)$، حاصل اعمال یک فرایند آموزشی مشخص، $H(t)$، بر روی ورودی و درون‌داد معین، $x(t)$، است. در این نوع مدل آموزشی، قلب و جوهر کیفی و تمام برآوردهای کیفی خروجی به‌طور عمده بسته به نوع سازوکار آموزشی اعمال‌شده دارد.

در این‌گونه از سیستم‌های آموزشی نمی‌توان تصویر کیفی مناسبی از وضعیت عملکرد $H(t)$ ترسیم کرد و معمولاً سیاست‌های مدیریتی بُرد عملیاتی خاصی ندارد و در برخی موارد حتی مدیریت آموزش زیر یک ساختار آموزش روزمره فعلاً بماند قرار می‌گیرد که توان عیب‌یابی و درمان خود را ندارد. هرچند از مزایای این سیستم سادگی اجرای آن است اما در چشم‌انداز حرکت‌های راهبردی، رقابتی کردن، قابلیت اطمینان و مرغوبیت کالای دانشگاه (دانش‌آموختگان) این سیستم، تصمیم‌سازان حوزه کیفی آموزش را به‌طور کامل ارضا نمی‌کند.



شکل ۴: سیستم آموزشی پیامدمحور (بازخوردار)

این سیستم سنتی آموزش مهندسی که یک‌سویه و محتوامحور بوده و مبتنی بر مجموعه‌ای از فرایندهای روزمره آموزشی $H(t)$ است تاکنون در غالب دانشگاه‌های کشور اجرا شده است. این سیستم تا ابتدای سال ۱۳۹۵در دانشگاه فنی- مهندسی بوئین زهرا نیز به‌طور مستمر جاری بوده است.

ب. سیستم پیشنهادی دارای بازخورد

دستیابی به کیفیت و شکل خروجی مطلوب در یک نظام آموزش و به‌ویژه آموزش مهندسی نیازمند نقطه‌گذاری، برنامه‌ریزی، اجرای منظم و اندازه‌گیری دقیق و اصلاح نواقص است. به‌عبارتی برای نظارت و کنترل کیفی فرایند آموزش، نیازمند نمونه‌گیری اولیه و مستمر و محاسبه انحراف و دورماندگی از سطح مطلوب و اهداف پیش‌فرض است. درواقع، یک چرخه کنترلی و مداوم باید طراحی شود و به‌طور پیوسته قدم

به ارزیابی درونی و بیرونی گذارد.

تضمین چرخه حیات کنترل کیفیت آموزش منوط به قدرت طراحی حسگرها در فرایند آموزش و صحت اندازه‌گیری کمیّت‌ها دارد. لذا، کمّی کردن دستیافت‌های آموزش سهم تعیین‌کننده در طراحی یک سازوکار آموزش مهندسی و کنترل کیفی آن دارد. شفافیت، وضوح و مشاهده‌پذیری تمام برنامه‌های فرایند آموزش مانند اهداف عالیه برنامه، اهداف یادگیری دروس، سیستم سنجش پیامدها و ملازمت و مدیریت یادگیری‌ها ازجمله شاخص‌های اصلی این قالب پیشنهادی است.

پاسخ مناسب به بسیاری از نیازمندی‌ها و کمبودهای کنترل کیفی مدل آموزشی مرسوم یک‌سویه، که در بخش قبلی تشریح شد، در نهان یک سیستم پس‌خورد یافت می‌شود. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، این سیستم ناظر بر یک سازوکار نمونه‌گیری، تصحیح و بازسازی فرایند آموزش است. این نوع از سیستم شامل یک مسیر بازخور بوده که حدّت، شدت و سرعت حرکت فرایند آموزش را کنترل و سیاست و حرکت لازم را تجویز و پیامد آن را مشاهده می‌کند.

از نقطه‌نظر عملکردی دو سیستم که در شکل‌های ۳ و ۴ نمایش داده شده است، سیستم شکل ۴ مولد یک سیگنال خطا $e(t)$ است که با اندازه‌گیری میزان پیامد در خروجی $y(t)$ و مقایسه آن با اهداف مرجع $x(t)$ حادث می‌شود.

$$e(t) = x(t) - ky(t) \qquad (۲)$$

در رابطه (۲) در هر برهه زمانی معین $e(t)$، مقدار انحراف از اهداف اولیه و مطلوب‌های فرایند حاصل می‌شود. ضریب ثابت k در این رابطه نقش تسطیح‌کننده سیگنال نمونه‌برداری‌شده از خروجی فرایند در زمان t، یا $y(t)$، به‌منظور مقایسه آن با $x(t)$ و ایجاد یک راهبرد جدید برای اعمال به فرایند در زمان دارد. درواقع، $e(t)$معرف میزان عدم دستیابی به اهداف مطلوب را در زمان سیاست‌گذاری tروشن می‌کند. حال با اعمال سیاست اصلاحی جدید می‌توان دوباره از خروجی نمونه‌گیری کرده و میزان اثرگذاری سیاست جدید روی پیامد را مشاهده کرد. دوباره درصورت وجود اختلاف در اهداف اولیه، مجدداً یک تصمیم جدید برای بهبود اتخاذ گشته و به فرایند تزریق می‌شود. به‌سهولت، می‌توان دریافت که مدل پیشنهادی رفتاری میراکننده و هدایت‌پذیری پایدار به فرایند دینامیکی آموزش می‌دهد. در یک کلام، اکنون می‌توان کیفیت فرایندهای آموزش را کنترل و مدیریت کرد.

۳. مدل‌سازی سیستم پیشنهادی پیامدمحور

همانطور که در بخش ۲ بیان شد، طراحی یک سیستم بازخوردار و دارای نشانه‌های پسخورد مستلزم طراحی اهداف اولیه دقیق، صریح و سنجش‌پذیر است. آموزش مهندسی در هر مرکز دانشگاهی علوم فنی ـ مهندسی در قالب

دوره‌های مختلف مانند مهندسی برق، کامپیوتر، صنایع، غیره در مقاطع کارشناسی و تحصیلات تکمیلی شامل کارشناسی ارشد و دکتری ارائه می‌شود. از نگاه فنی، مقطع کارشناسی مهندسی مهم‌ترین و اثرگذارترین مقطع آموزش و تولید مهندس مرغوب برای صنایع مختلف در سراسر جهان است (Rose, 2016; Tshai, 2014). بیشترین بخش سرمایه‌گذاری و بودجه‌بندی آموزش عالی در نظام‌های دانشگاهی دنیا روی مقطع کارشناسی انجام می‌گیرد. شاید بی‌جهت نباشد که مفهوم آموزش عالی به دوره‌های کارشناسی و مفهوم پژوهش به دوره‌های تحصیلات تکمیلی اطلاق شده باشد. البته نقطه تلاقی این دو شاید در مفهوم تولید فناوری خود را نشان دهد که مصداق آن در شکل ۱ به تصویر کشیده شده بود.

سیستم بازخوردار آموزشی موردمطالعه شکل ۴ درصدد است نقش خود را در بهبود و مدیریت کیفی آموزش مهندسی و مهارت‌ها در سطح دوره‌های کارشناسی نشان دهد (Crawley, 2014). برای فرموله کردن بلوک‌های حرکتی این سیستم نیازمند تبیین اهداف هستیم. بدین منظور تعداد معینی هدف به‌عنوان اهداف برنامه‌ها[1]ی دوره‌های کارشناسی تدارک می‌یابد. فهرست اهداف برنامه‌های دوره کارشناسی مهندسی با مطالعه بیرونی و تهیه پرسش‌نامه و کسب نظر از ذی‌نفعان دانشگاه (کارفرمایان صنعت، مؤسسات دولتی و غیردولتی، بنگاه‌های اقتصادی و غیره) تهیه می‌شود.

ارزیابی فاکتورها و شاخص‌های مطلوب یک مهندس کارآمد برای صنایع مختلف انجام می‌پذیرد و اولویت‌ها و درجه‌بندی آنها صورت می‌گیرد. بعد از پالایش و تحلیل نتایج نظرسنجی‌ها و تعاملات بیرونی، دانشگاه اقدام به تدوین اهداف آموزشی دوره‌های خود می‌کند که این اهداف کاملاً مشترک و جامع بین دوره‌های مختلف است.

حال به تبع اهداف برنامه‌های تدوین‌شده، هر درس از دوره مربوط مشتمل بر اهداف یادگیری[2] خواهند شد. درواقع، برای هر درس تعداد مشخصی هدف یادگیری تبیین می‌شود؛ به قسمی که اهداف برنامه را پوشش دهد.

$$PO_i = \sum_{k=1}^{K}\sum_{m=1}^{M} LO_{km} \quad , \forall_i \in I \quad , \forall_k \in K \quad , \forall_m \in M \qquad (۳)$$

رابطه (۳) ارتباط عملیاتی بین هر یک از اهداف برنامه، PO_i و تمام اهداف یادگیری LO_{km} را نشان می‌دهد به‌طوری‌که برای نمونه PO_i حاصل‌جمع میزان دستیابی (درصد توفیق یادگیری) در تمامLO هایی است که هم‌پوشانی با PO_i داشته‌اند. شاخص I بیانگر فهرست اهداف کلی برنامه دوره کارشناسی، شاخص K مجموع رشته‌هایی را نشان می‌دهد که در سرفصل درسی خود درس‌هایی دارند که با هدف مشخص برنامه

---

1. Program Outcome (PO)
2. Learning Outcome(LO)

PO_i همپوشانی داشته باشند. M دسته درس‌هایی هستند که در مجموعه رشته‌های K با هدف معینی از برنامه Po_i ارتباط دارند.

در این رویکرد درواقع تدارک LO و POها سوخت اصلی موتور آموزش محسوب می‌شود، به نحوی که در همکنش و تعامل آنها جهت حرکت و سرعت دستیابی و پالایش سیستم آموزش را رقم خواهد زد. به عبارتی سیستم بازخوردار، که دارای اهداف برنامه و درس است، در کنار احیای عوامل کنترل کیفی و مدیریت مرغوبیت، به پیچیدگی فرایند دست خواهد برد.

$$\left[Y\right]_{n\times 1} = \left[H\right]_{n\times n} \cdot \left[X\right]_{n\times 1} \qquad (۴)$$

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & \cdots & h_{1j} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ h_{i1} & \cdots & h_{ij} \end{bmatrix}_{PO_i \times LO_j} \qquad (۵)$$

رابطه (۳) و (۴) نمایش ریاضی سیستم پیشنهادی پیامدمحور را نشان می‌دهد. به سهولت می‌توان ظرافت و دقت سیستم مذبور را در مقایسه با سیستم سنتی یک ـ سویه رابطه (۱) مشاهده کرد. در سیستم بازخوردار فرایند آموزش دربرگیرنده یک آرایه، ناظر بر تقابل و تأثیر اهداف برنامه[1] و اهداف یادگیری[2] بر یکدیگر است. این نوع نمایش غایت هدف مدل پیشنهادی را آشکار می‌سازد. به عبارت دیگر، این سیستم به‌راحتی و دقیق بیان می‌کند که وضعیت جاری کیفی آموزش کجا است که منظور همان y_{11} است. حال با محاسبه تابع تبدیل سیستم آموزشی دانشگاه، که مبتنی بر سطح دستیابی اهداف برنامه و اهداف یادگیری بوده است، می‌توان مقدار خطا و انحراف از اهداف برنامه را محاسبه و اصلاحیه عملیاتی جدید را سیستم اعمال کرد، چیزی که به سیستم را به وضعیت کیفی y_{21} خواهد رساند.

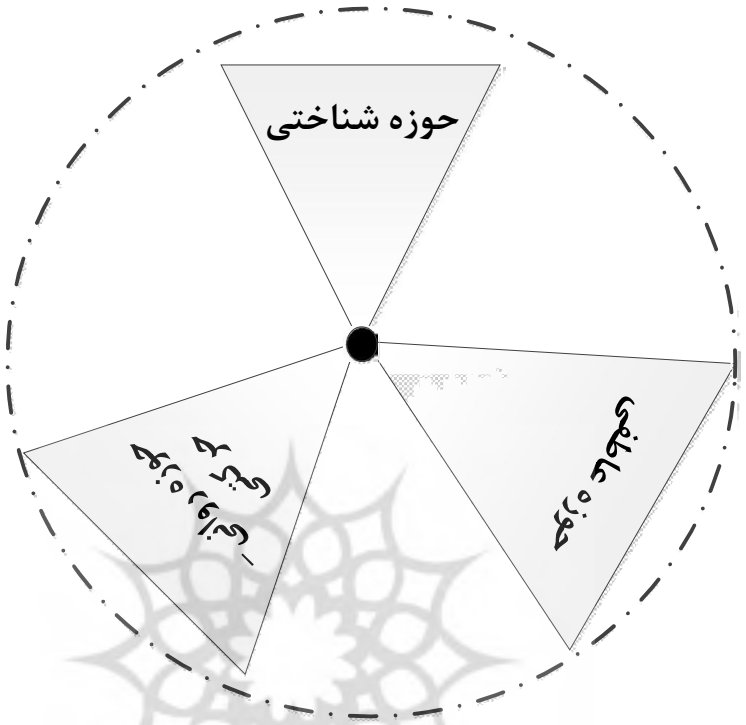
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. PO
2. LO

شکل ۵: ارکان اصلی سیستم یادگیری یا پیامدمحور

۴. شاخصهای سیستم پیشنهادی پیامدمحور

سیستم آموزشی پیامدمحور بر سه ستون استوار است: طراحی درس، طراحی تدریس و طراحی ارزشیابی که در شکل ۵ نیز نشان داده شده است. در مرحله طراحی درس، مدرس با توجه به اهداف تعیین‌شده دوره آموزشی (PO) و اهداف یادگیری درس (LO) خود را تنظیم می‌کند، سپس اقدام به اجرای طرح درس و پوشش اهداف یادگیری درس با روش‌های تدریس می‌پردازد (Spady, 1994; Crawley, 2014)، در انتها برای سنجش میزان دستیابی به اهداف یادگیری درس، المان‌های ارزشیابی (برای مثال: آزمونک، تست، میان‌ترم، پروژه فردی، پروژه گروهی و امتحان پایان‌ترم) را به اجرا می‌گذارد. لازم به ذکر است که اهداف دوره‌های آموزشی توسط مدیریت کلان دانشگاه با مطالعات انجام‌شده درونی، بیرونی تدوین می‌شود که سرلوحه تنظیم اهداف یادگیری دروس مختلف دوره‌های آموزشی توسط استاد مربوط می‌شود.



شکل ۶: حیطه‌های سه‌گانه یادگیری در طراحی اهداف درس

طراحی شایسته و فنی اهداف یادگیری درس نقش بسزایی در پیشبرد مرزهای دستیابی به شاخصه‌های دوازده گانه کیفی محصولات (کیفیت دانش‌آموختگان) دانشگاه دارد. لذا نحوه آدرس‌دهی اهداف و جهت-گیری شفاف اهداف تعریف‌شده می‌تواند سیستم آموزش مهندسی را در محیطی روئیت‌پذیر و کنترل‌شونده مدیریت کند و هدایت کمّی و کیفی آن را به‌عهده بگیرد. همانطور که بیان شد، تمام سرفصل‌های درس، که در طول یک نیمسال تحصیلی (۱۶ هفته) ارائه می‌شود، در قالب حداکثر شش هدف (پیامد) یادگیری درس فرمول‌بندی می‌شود. اساس بر هم‌پوشانی حداکثری و پیوند فنی پیامدهای اهداف یادگیری با اهداف بالاسری برنامه آموزشی است. بدین منظور، اهداف یادگیری درس در سه حیطه مهارت‌های شناختی و ادراکی، مهارت‌های فنی و خلاقانه، مهارت‌های هوش هیجانی و مدیریتی طراحی و توسعه می‌یابند. شکل ۶ هم‌افزایی سه حیطه یادگیری دانشجو را در گوی دینامیکی اهداف یادگیری درس نمایش می‌دهد. چیرگی و گستردگی مهارت‌های سه‌گانه فوق بر اساس مطالعات بیرونی بیشترین سهم را در کامیابی فنی و احراز شرایط یک مهندس خوب، که استانداردهای لازم را برای تحلیل، همکاری و همیاری پروژه‌های پیچیده صنعتی داشته

باشد، تضمین خواهد کرد. در این مهم مراکز توسعه کیفی آموزش مهندسی مقوله مهندس ۲۰۲۰ (صادقی و همکاران، ۱۳۹۳) را تبلیغ کرده و برای این مهم چهارچوب و استاندارد را تعریف کرده‌اند.

ویژگی‌های مهندس ۲۰۲۰ درواقع ملاتی یکسان و مشابه با شیوه تعریف اهداف برنامه و یادگیری این مقاله است که شاخصه یک مهندس با استاندارد ۲۰۲۰ را مجهز به توانمندی‌های مختلف در سه حیطه نام برده عرضه می‌کند. در دنیای امروز، هوش هیجانی در کنار هوش محاسباتی به‌عنوان شاه‌کلید موفقیت یک مهندس قلمداد می‌شود که این خصوصیات در نیازمندی‌های مهندس ۲۰۲۰ و استانداردهای CDIO نیز مندرج شده است.

۵. پیاده‌سازی سیستم پیشنهادی پیامدمحور در مرکز آموزش عالی فنی ـ مهندسی بوئین زهرا

به‌منظور نیل به اهداف عالیه ارتقای کیفی آموزش مهندسی و پیروی از سیاست‌های برنامه ششم توسعه آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، مرکز آموزش عالی فنی ـ مهندسی بوئین زهرا که به‌عنوان یک دانشگاه دولتی در سال ۱۳۹۰ در استان قزوین، شهرستان بوئین زهرا تأسیس شده است قدم در راه پیاده‌سازی یک سیستم ارزیابی و اصلاح کیفی آموزش‌های مهندسی در ایران می‌گذارد.

این مرکز با تأکید بر توسعه زمینه‌های صنعتی و مهندسی و تأمین و آموزش مهندسان خبره و کارآمد برای شهرک‌های صنعتی استان قزوین و البرز هدف‌گذاری اولیه خود را آغاز کرد. در این راستا، مدیریت مرکز از سال ۱۳۹۵ عزم خود را به استقرار سیستم مدرن آموزشی پیامدمحور در تمام رشته‌های کارشناسی خود جزم کرد. هدف اصلی، ایجاد یک سیستم پسخوردار آموزشی است که شاخص‌هایی شفاف و قابل‌سنجش در سازوکارهای ارزیابی و مدیریتی داشته باشد.

شکل ۷ الگوریتم نحوه اجرای سیستم پیامدمحور را در دانشگاه فنی ـ مهندسی بوئین زهرا نشان می‌دهد. بنابر شکل ۷ در ابتدا دسته معینی از دروس، که قابلیت تطبیق با اصول بنیادی سیستم پیشنهادی مبتنی بر پیامد را دارند، انتخاب می‌شوند. الگوی انتخاب ویژه دروس (کدام سطح؟ کدام درس؟) نقش بسزایی در کارآیی سیستم مذکور دارد. در مرحله بعدی نیاز به تعریف اهداف یادگیری برای هر پودمان[۱] درسی هستیم. بنا بر ملاحظات راهبردی مدیریتی دانشگاه (حداقل امکانات با حداکثر بهره‌وری) برای هر درس از دسته منتخب حداکثر شش و حداقل سه هدف یادگیری تدوین می‌شود. مطابق دستورالعمل هر هدف باید شفاف، صریح و قابل اندازه‌گیری بوده و منعکس‌کننده برون‌داد و خروجی ملموس آن درس باشد. لازم به ذکر است که اهداف یادگیری دروس به نحوی تعیین می‌شوند که هم‌پوشانی محتوایی لازم با اهداف برنامه کارشناسی اهداف برنامه مربوط را داشته باشند. لذا، رابطه تنگاتنگ و وابستگی میان اهداف برنامه دروس و

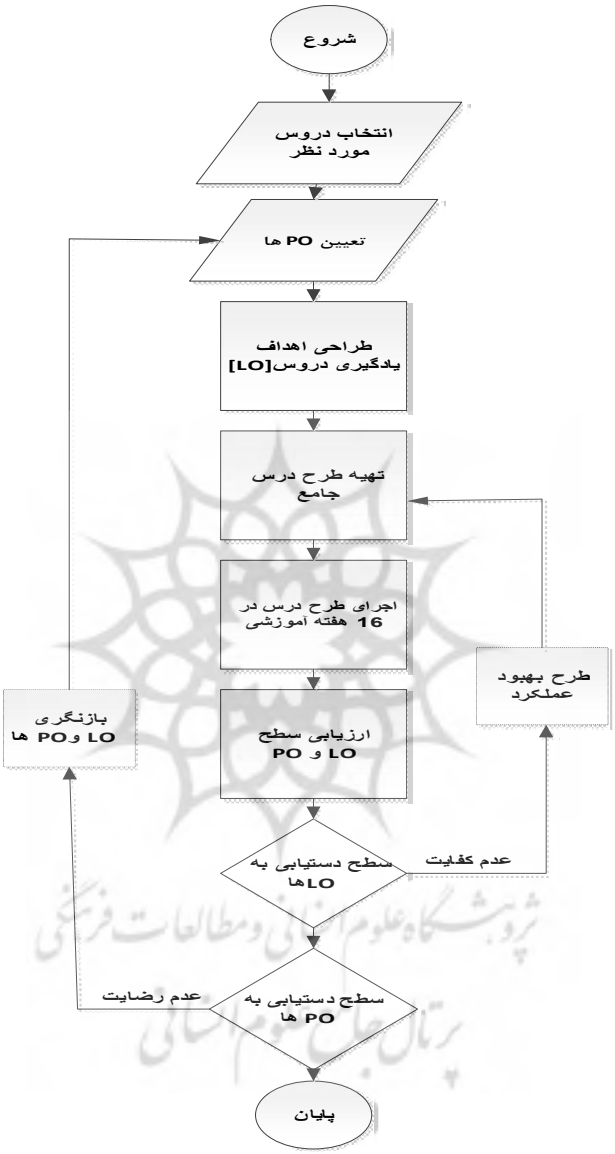
---

۱. برابرنهاد فارسی برای واژه «ماژول»، مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی

اهداف یادگیری برنامه، عملکرد سیستم مبتنی بر پیامد را ترسیم کرده و کیفیت اجرای سیاست‌های آموزشی در دروس و کمال دستیابی به اهداف برنامه را می‌شمارد.

با تدوین اهداف برنامه (که به‌ندرت تغییر می‌کند و تنها توسط شورای عالی برنامه‌ریزی دانشگاه صورت می‌گیرد) و اهداف درس، که توسط مدرس تعیین می‌شوند، طرح درس جامع، که مسیر هدایت کلاس و درس را معین می‌کند، شکل می‌گیرد. حال با اِعمال سیاست‌های یاددهی ـ یادگیری مفاد درس ارائه، ای فنی و مدیریتی تزریق و میزان دستیابی به اهداف یادگیری از طریق ارزشیابی‌ها انجام می‌گیرد. نتایج حاصل دو ابعاد خواهد بود، درصورت عدم کامیابی در حصول اهداف هر درس (برای نمونه اگر سطح رضایت برای هر هدف روی ۵۰ درصد تعیین شده باشد)، مدرس قادر است طرح بهبود عملکرد برای ترم‌های آتی تهیه کنند. در صورت عدم اکتساب نتایج مطلوب در اهداف برنامه، که حاصل هم‌افزایی و کنش اهداف یادگیری دروس مختلف است، مدیریت کلان دانشگاه را به تغییر سیاست‌های آموزشی، محل اشکال و تجویز مناسب رهنمون می‌سازد.

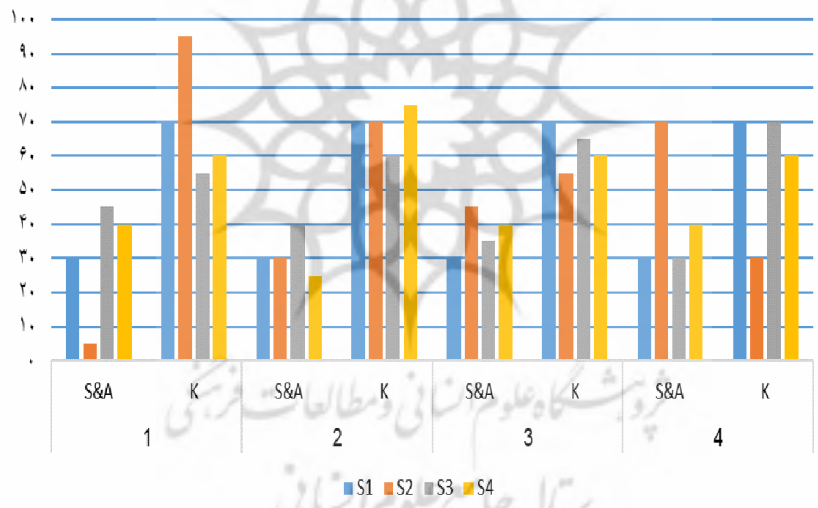
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل۷: الگوریتم نحوه اجرای سیستم پیامدمحور را در دانشگاه فنی – مهندسی بوئین زهرا

همانطور که ذکر شد چیدمان و سیستم گزینش دروس مناسب و کاربردی برای اعمال برنامه‌های پیامدمحور نقش اصلی در توفیق سیستم پیشنهادی دارد. لذا، تصمیم‌سازان آموزشی دانشگاه در استقرار سیستم آموزشی

پیامدمحور، چهار راهبرد غالب اجرایی[1] را مورد بررسی قرار دادند. شکل ۸ چهار سیاست پیش‌بینی‌شده را نشان می‌دهد. در انتها، گزینه دوم به‌عنوان بهینه‌ترین راهبرد انتخاب شد تا در یک روند افزایشی ۳۰ درصد قابلیت‌های طراحی مهندسی و مدیریتی (S , A) و ۷۰ درصد دانش مهندسی (K) به‌تدریج از سال‌های اول و دوم (دروس پایه و اصلی) و با جدیت بیشتر در سال‌های سوم و چهارم (دروس اصلی و تخصصی) در روح سیستم آموزش دانشگاه دمیده شود. تمرکز بیشتر بر روی دروس کاربردی و نزدیکی به مبادی خروجی (سال‌های سوم و چهارم)، به‌صورت هدفمند و ملموس دانش‌آموختگان را مهیای بازار کار و صنایع بیرونی و افزایش بارز سطح رقابتی و به‌روز بودن فرآورده‌های دانشگاه (مهندسانی ماهر و کاردان) می‌کند. این راهبرد (گزینه ۲ در شکل ۸) با کمترین هزینه (تنها به ۳۰ درصد سرمایه‌گذاری توان انسانی، فرایندی و اجرایی) و بیشترین عواید (نرخ افزایشی استخدام دانش‌آموختگان و چیرگی در جذب فرصت‌های کار، رضایت کارفرمایان صنعتی، نشانه‌های اقدام عملی در سیاست‌های اقتصاد مقاومتی) نویدبخش اعمال مدیریت چابک و حرفه‌ای در هدایت دانشگاه نیز بوده است.



شکل ۸: راهبردهای اجرای سیستم یادگیری ـ محور

1. S1, S2, S3, S4

الف. تحلیل پروژه عملیاتی

مرکز آموزش عالی فنی ـ مهندسی بوئین زهرا ۱۲ هدف $[PO_1, PO_2, \ldots PO_{12}]$ برای دوره‌های کارشناسی خود ترسیم کرده است که مطابق جدول ۱ این اهداف در سه محور افزایش دانش مهندسی، افزایش قدرت طراحی، تحلیل و توسعه مسئله و در آخر افزایش مهارت‌های کار گروهی و مدیریت پروژه طبقه‌بندی شده‌اند.

جدول ۱: اهداف دوازده‌گانه برنامه کارشناسی مهندسی در دانشگاه فنی ـ مهندسی بوئین زهرا

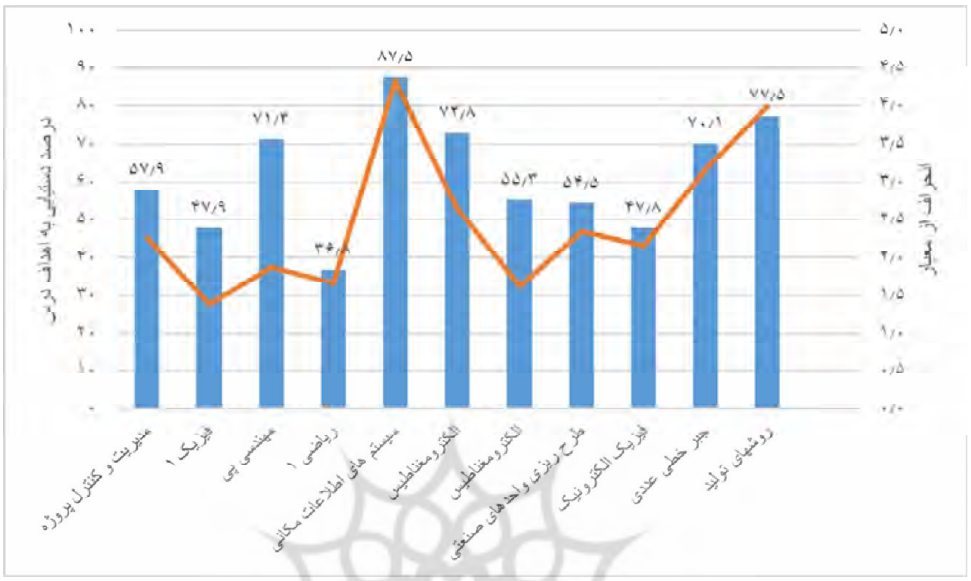
هدف برنامه درسی	تعریف هدف
PO1	افزایش دانش مهندسی: به کار بردن دانش ریاضیات، علوم، اصول و تخصص‌های مهندسی در حل مسائل پیچیده مهندسی
PO2	قدرت تحلیل مسئله: تشخیص مسئله، فرموله کردن، سیر تاریخی مسئله، تحلیل مسائل پیچیده مهندسی و دستیابی به نتایج ارزنده با استفاده از اصول اولیه ریاضیات و علوم مهندسی
PO3	طراحی و توسعه راه‌حل مسئله: طراحی راه‌حل برای مسائل پیچیده مهندسی و سیستم‌های طراحی، اجزا و فرایندهای مسئله که نیاز مشخصی را به‌طور مناسب پاسخ می‌دهند
PO4	تحقیق در مسائل مهندسی: اعمال تحقیقات و پژوهش‌های لازم در مسائل پیچیده با استفاده از دانش پژوهش‌محور و روش تحقیق شامل طراحی آزمایش‌ها، تحلیل و تفسیر داده‌ها و تجزیه و ترکیب داده‌ها در رسیدن به نتایج ملموس
PO5	استفاده از ابزارهای مدرن مهندسی: خلق، انتخاب و به‌کار بردن روش مناسب، منابع و ابزارهای مدرن مهندسی و آی‌تی شامل پیش‌بینی و مدل‌سازی فعالیت‌های پیچیده مهندسی با در نظر گرفتن محدودیت‌ها
PO6	مهندس و امور اجتماعی: به‌کار بردن استدلال‌های شکل‌گرفته براساس دانش مهندسی به‌منظور تحلیل موضوعات اجتماعی، سلامت، ایمنی، حقوقی و فرهنگی و بدین ترتیب مسئولیت‌های منتج و مرتبط با فعالیت‌های حرفه‌ای مهندسی
PO7	تعهد به حفظ محیط‌زیست و توسعه پایدار در تولید محصولات مهندسی: درک اثرات راهکارهای مهندسی حرفه‌ای در اجتماع و زمینه‌های محیط‌زیستی و ارائه دانش و استلزام به توسعه پایدار در فرآورده‌های مهندسی
PO8	التزام به اصول اخلاق مهندسی: به‌کارگیری مبانی اخلاقی و تعهد به اخلاق مهندسی و مسئولیت‌ها و عرف‌های حرفه‌ای مهندسی
PO9	ارتباط و مراودات حرفه‌ای: تماس مؤثر و مستمر با تشکل‌ها یا در مقیاسی بزرگ‌تر با اجتماع و انجمن‌های مهندسی جهت ارائه راه‌حل در فعالیت‌های پیچیده مهندسی؛ برای نمونه توانمند بودن در درک و نوشتن گزارش‌های مؤثر و تهیه و طراحی مستندات لازم، انجام ارائه‌های قوی و به همراه دادن و گرفتن دستورالعمل‌های واضح
PO10	کارِ فردی و گروهی: عملکرد مؤثر به‌عنوان یک فرد یا عضوی از یک گروه یا رهبر در یک محیط کاری با شرایط متنوع و چند تخصص.
PO11	یادگیری مستمر: تشخیص نیاز برای، آمادگی و قابلیت یادگیری مستقل و بادوام در زمینه‌های وسیع فنی ـ مهندسی و به‌روزرسانی مداوم همراه با تغییرات سریع فناوری
PO12	مدیریت پروژه و امور مالی: نشان دادن دانش و درک اصول مهندسی و مدیریت و به‌کار بردن آنها در پروژه و مسئولیت فردی و به‌عنوان عضوی از یک گروه یا رهبر گروه در یک پروژه گروهی به‌منظور مدیریت یک پروژه مهندسی چندگانه و پیچیده

این اهـداف دوازده‌گانـه پس از بررسی‌های لازم و مطالعات بیرونی و کارفرمایان صنعتی استخراج شد (ABET, 2017; CEAB, 2017; Bologna Process, 2016). همسویـی با اهداف تدوین‌شده CDIO با کوشش‌های ABET ازجمله کانال‌های استانداردسازی بین‌المللی و همه‌جانبه بودن اهداف دوازده‌گانه برای دانشگاه بوده است. در یک دیدگاه، دانشگاه به‌مثابه کارخانه تولید علم (محصولاتی با دانش مهندسی بالا و قدرت توسعه راه‌حل مادام‌العمر بدون اتکا به کلاس) و مهارت‌ها (فنی ـ مهندسی و اجتماعی ـ مدیریتی) تلقی می‌شود. درواقع، تضمین هوش مهندسی[1] در کنار افزایش هوش هیجانی[2] و تقویت هوش فنی[3] سرمنزل نهایی و قلب حرکتی سیستم پیامدمحور آموزش مهندسی تعریف می‌شود که این مهم در آرایش دوازده‌گانه هدف اصلی برنامه کارشناسی دانشگاه به‌طور ویژه تعبیه شده است.

اهداف دوازده‌گانه$[PO_1, PO_2, \ldots PO_{12}]$ به‌منزله سرلوحه هدایت و کنترل‌پذیری سیستم آموزش مهندسی عمل می‌کند و مغناطیس لازم برای سمت‌گیری اهداف هر درس را به سوی اهداف دوازده‌گانه میسر ساخته و به خطـی‌سازی روند مدیریـت، عیب‌یابی و مکان‌یابی نارسایی‌ها یاری ساخته و مقدار فاصله تا مطلوب را اندازه‌گیری می‌کند. برای هر درس محدوده عددی اهداف یادگیری مشخص شد که برای این مرکز پس از محاسبات محدوده (حداقل و حداکثر) تعداد هدف یادگیری، $3 \leq LO \leq 6$ تعیین شد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. IQ
2. EQ
3. HQ

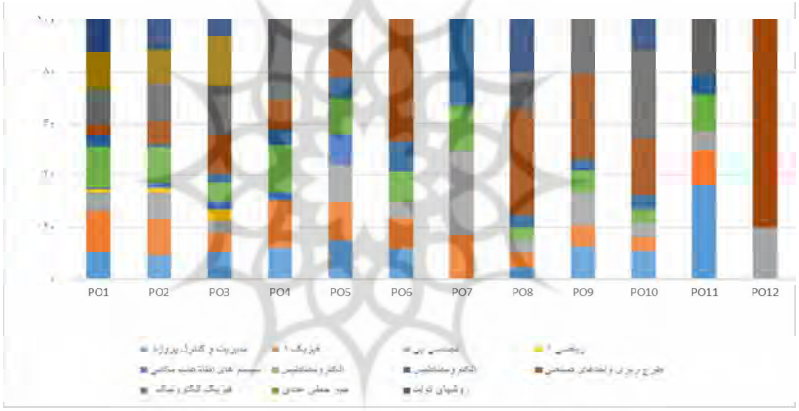


شکل ۹: معدل دستیابی به اهداف درس برای یازده مورد مطالعاتی

برای بهره‌وری بیشتر، در جلسات توجیهی نحوه طراحی اهداف یادگیری درس با رویکرد بیشترین هم پوشانی اهداف برنامه تشریح شد. مشاهده‌پذیری، جامع بودن و وضوح اهداف یادگیری برای طراحی هر درس به دقت صورت پذیرفت. موقعیت مکانی و وزنی هر هدف یادگیری در سه حوزه مهارت‌های ۱- شناختی؛ ۲- طراحی و خلاقیت و ۳- مدیریتی و تعاملی سنجیده شد. در ادامه به نامه‌های ارزشیابی و نحوه همپوشانی محتوایی و مقداری با اهداف یادگیری طراحی شد.

محصول اجرای رویکرد پیامدمحور روی ۱۱ درس از برنامه‌های درسی مختلف در نیمسال دوم تحصیلی ۹۵-۹۶ مورد تحلیل قرار گرفت. شکل ۹ میزان دستیابی کل (درصد نیل به هدف) به اهداف دوازده‌گانه تعریف‌شده را نشان می‌دهد. میزان دستیابی هر هدف درحقیقت میانگین دستیابی به این هدف در دروس یازده‌گانه است. بدین صورت ۷۲ درصد از اهداف برنامه، که توسط ۱۱ درس تغذیه شده است، دستیابی کمتر از ۵۰ درصد را نشان می‌دهند که درواقع، نقطه آغازین و مرکز ثقل اصلاحات و اقدامات بهینه‌سازی در سیستم آموزش با رویکرد بالا به پایین برآورد می‌شود. استرس و چالش مکان‌یابی نقص و نارسایی در سیستم آموزش در سیستم پیشنهادی پیامدمحور موضوعیت ندارد، بالعکس در این سیستم، که مبتنی بر پیامد است، مسیریابی محل و عوامل عدم توفیق سیاست آموزشی در هر حیطه به سهولت کشف و آشکارسازی می‌شود که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

در این راستا، میانگین میزان دستیابی به اهداف یادگیری هر درس به تفکیک و با در نظر گرفتن درصد انحراف معیار در شکل ۹ نشان داده شده است. ارتباط معنادار مابین شکل‌های ۹ و ۱۰ در یک رویکرد مقایسه‌ای خروجی‌ها ملموس است. در مقایسه معنایی با میزان دستاوردهای برنامه که در شکل ۹ قابل روئیت است، برای نمونه، درس «سیستم‌های اطلاعات مکانی» بالاترین میانگین دستیابی به اهداف درس (۸۷/۵ درصد) را دارد که به‌طور مستقیم در ارتقا سطوح (PO1, PO2, PO4, PO5, PO6, PO7, PO10, PO11) با توجه به وزن‌دهی مندرج در ماتریس هم‌پوشانی LO-PO، نفوذ کلیدی داشته و منجر به بهبود سطح کیفی اهداف برنامه مذبور شده است. در این شکل درس سیستم‌های اطلاعات مکانی دارای بالاترین توفیق در حصول به ۵ هدف یادگیری به‌طور متوسط ۸۷/۵ درصد با درجه فرآریت با انحراف معیار ۴/۳۲ درصد درس مذبور بوده است. برعکس، نتیجه سیاست‌های آموزشی و سنجشی در پوشش ۶ هدف یادگیری درس ریاضی ۱ به‌طور میانگین ۳۶/۸ درصد با انحراف معیار ۱/۷ درصد را رقم زده است.



شکل ۱۰: سهم هر درس در هر هدف برنامه PO

میزان مشارکت هر درس در سطح دستیابی به هر یک از اهداف دوازده‌گانه از لوازم اصلی نقص‌یابی و مسیریابی محل نارسایی آموزشی است. شواهد دال بر حقانیت و سودمندی اطلاعات یافت‌شده در تحلیل ضریب تأثیر و عمق راهبرد هر درس در جغرافیای مکانی دروس دوره تحصیلی و درجه حصول مطلوب اهداف برنامه بوده است. شکل ۱۰ میزان دستیابی به هر اهداف برنامه به‌صورت تابعی از بازیگران آن (دروس مختلف تحت مطالعه که در اینجا منظور ۱۱ درس مورد ارزیابی است) نمایش داده شده است. برای نمونه، PO1 (افزایش و ارتقای درک دانش مهندسی) محصول درهم‌کنش تلاش آموزشی ـ سنجشی ۱۱ درس مورد مطالعه بوده است که در شکل به‌تفکیک رنگ‌های مختلف مشخص شده‌اند. همانطور که به‌وضوح در شکل نمایان است هر یک از ۱۱ درس نقش یکسانی در دستیابی ۵۹ درصد به PO1 نداشته‌اند، مطابق شکل دروس

الکترومغناطیس ۱، فیزیک ۱ و آنالیز جبر خطی به‌ترتیب غالب‌ترین سهم را در تکامل ۵۹ درصد این هدف داشته‌اند. برعکس دروس طرح‌ریزی واحدهای صنعتی، الکترومغناطیس ۲ و ریاضی ۱ دارای کمترین نقش در برون‌داد اول از اهداف دوازده‌گانه بوده است. با رویکردی مشابه می‌توان به تجزیه‌وتجلیل اهداف دیگر نیز پرداخت. برای مثال، عوامل سازنده PO12 در این مطالعه تنها دروس «طرح‌ریزی واحدهای صنعتی» و «مهندسی پی» بوده‌اند.

۶. فواید و کارکردهای مدیریتی سیستم پیشنهادی پیامدمحور

الف. ارزش راهبردی برای درس و مدرس

تهیه یک نقشه راه برای بهبود کیفیت دستیافت‌های درس (LO) از اولین یافته‌ها است. برای نمونه، طراحی درس مدیریت پروژه برای نیمسال آتی را می‌توان با تحلیل و عارضه‌یابی دقیق نیمسال قبل (نتایج بالا) ترسیم کرد و با تدارک مسیر جدید بهبود و ارتقای سطح دستیافت‌ها را رقم زد. این درس با شش LO به‌طور متوسط به ۵۷/۹ درصد اهداف رسیده بوده است. حال با مطالعه علل ناکامی (فاصله دستیابی هر LO تا ۱۰۰درصد) برنامه افزایش کیفیت ارائه و ارزیابی درس مدیریت پروژه را اصلاح کرد.

جدول۲: تعریف اهداف درس مدیریت پروژه و میزان دستیافت‌ها در هر هدف

LO	اهداف درس مدیریت پروژه	درصد دستیابی
۱	تبیین مفهوم قراردادها و انواع روش‌های اجرایی	۵۴/۸
۲	تعریف مفهوم پروژه و چگونگی تشخیص آن از موارد دیگر	۵۵/۲
۳	تشریح و کاربرد مفهوم ساختار شکست کار[1]، فعالیت‌های خروجی و آشنایی با انواع شبکه‌ها	۵۵/۱
۴	برنامه‌ریزی پروژه و انجام محاسبات	۵۵/۱
۵	تحلیل کنترل پروژه شامل کنترل منابع، هزینه و زمان	۵۵/۱
۶	به‌کاربردن نرم‌افزارهای کاربردی برنامه‌ریزی و کنترل پروژه	۳۶/۶

1. WBS

جدول ۳: تفکیک شرایط سنجش اهداف یادگیری توسط هر برنامه ارزشیابی

متد ارزشیابی	سهم (درصد)	LO1	LO2	LO3	LO4	LO5	LO6	میانگین نمره دانشجویان
پایان ترم	۶۰	.	٪۲۵	٪۲۵	٪۲۵	٪۲۵	.	۳۱/۴۲
تکالیف (۹ تکلیف)	۱۵	٪۱۲	٪۸	٪۲۰	٪۲۵	٪۳۵	.	۸/۲۲
پروژه	۲۵	.	٪۲۰	٪۲۰	٪۲۰	٪۲۰	٪۲۰	۱۵/۹۱

مـدرس با نگاهی به عملکرد دانشجویان در این درس که در جدول‌های ۲ و ۳ نشـان داده شده اسـت، به‌سهولت به نقاط نارسایی و ضعف دانشجویان و عمق راهبرد این درس پی می‌برد. بیشترین سهم ارزشیابی در امتحان پایان‌ترم (۶۰ درصد) لحاظ شده است و به‌ترتیب پروژه (۲۵ درصد) و تکالیف (۱۵ درصد) سهم در کل ارزشیابی این درس داشته‌اند. نحوه پوشش اهداف درس (ضریب نفوذ و عمق ارزشی) نیز معین است. با این سیاست دانشجویان به‌طور میانگین به ۳۱/۴ درصد از کل ۶۰ درصد امتیاز ممکن از طریق برگه پایان‌ترم دست یافته‌اند و به‌طور مشابه به ۸/۲ درصد از کل ۱۵ درصد سهم تکالیف و ۱۵/۹۱ درصد از ۲۵ درصد سهم تخصیص‌یافته برای پروژه رسیده‌اند که به عبارتی به‌طور تقریبی می‌توان حدس زد که عملکرد در سه برنامه نزدیک به ۵۰ درصد بوده است که به نحوی میانگین دستیافت‌های اهداف یادگیری (۵۷/۹ درصد) را به ذهن متبادر می سازد.

با نگاهی دیگر به جدول ۳ و جدول ۲ می‌توان دریافت که برای مثال LO6 تنها از طریق پروژه پوشیده شده است و نتیجه درک دانشجویان ۱۵/۹۱ درصد بوده است که با تحلیل آماری دقیق ۶۳/۶ درصد از حصول به هدف ۶ را نشان می‌دهد. حال برای افزایش سطح دستیابی این اهداف می‌توان در ترم آتی با تدارک ویژه برای پروژه دانشجویان (برای مثال بسته به محتوای درس و شرایط درس برخی از راهبردها قابل تزریق است: استفاده از دانشجویان توانمند برای آماده‌سازی آنها در کار با نرم‌افزارهای کاربردی مدیریت پروژه، در دسترس قرار دادن نمونه گزارش تحویلی دانشجویان قبلی برای ایده‌سازی از نحوه ارزیابی، افزایش دوره کار پروژه و تحویل، تخصیص مشاور، گروه‌بندی و تقسیم کار و غیره) به ارتقای آن کمک کرد. با راه‌های مشابه برای سایر اهداف یادیگری می‌توان راهبرد ارتقای کیفی نسخه کرد، مثلاً LO5 درهم‌کنش سه روش ارزشیابی بوده است که منتج به ۵۵/۱ درصد در این اهداف شده است. بیشترین نفوذ را با ۳۵ درصد تحویل و کیفیت تکالیف داشته است که می‌توان با تهیه یک راهبرد و اصلاحات لازم، میزان دستیابی به آن را به درصد بالاتر رساند.

جدول۴: همپوشانی و نحوه اتصال عملیاتی اهداف درس روی اهداف برنامه برای درس مدیریت پروژه

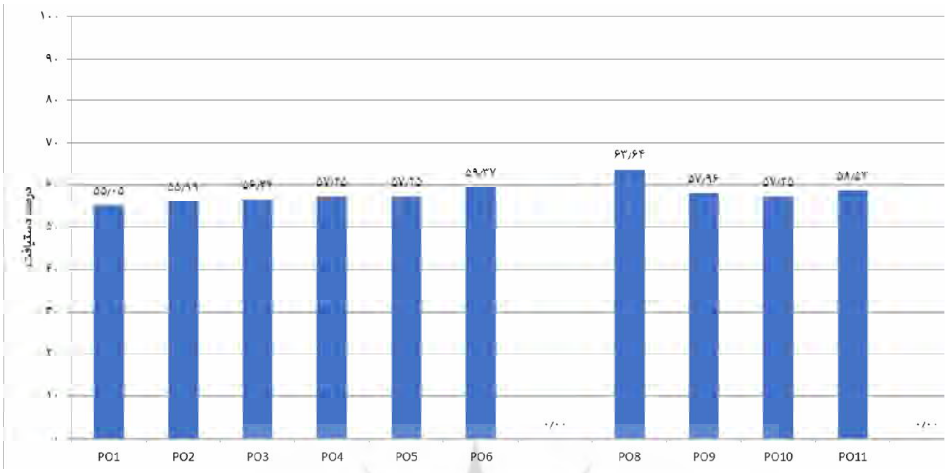
LO\PO	PO1	PO2	PO3	PO4	PO5	PO6	PO7	PO8	PO9	PO10	PO11	PO12
LO1	۳											
LO2	۳	۲										
LO3	۲	۳	۲	۱	۱					۱	۱	
LO4	۱	۲	۲						۱	۱	۱	
LO5	۱	۲	۲	۲	۲	۱			۱	۱	۱	
LO6		۱	۱	۱	۱	۱		۱	۱	۱	۱	
جمع کل اثر	۱۰	۱۰	۷	۴	۴	۲	۰	۱	۳	۴	۵	۰

ب. ارزش راهبردی سیاست‌گذاری کلان مدیریتی کیفیت آموزش دانشگاه

جدول ۴ نقشه همپوشانی و جغرافیای اتصال عملیاتی اهداف درس روی اهداف برنامه برای درس مدیریت پروژه را نشان می‌دهد. شکل ۱۱ حاصل اعمال سیاست‌های ارزشیابی درس در حصول اهداف درس و در نتیجه اثر آنها روی هر یک از اهداف عالی کیفیت آموزشی دانشگاه نشان می‌دهد.

این درس به‌طور میانگین ۵۷/۹ درصد در حصول اهداف دوازده‌گانه دانشگاه نقش داشته است که بیشترین اثر را روی PO8 و کمترین را روی PO1 داشته است. این جدول قابل بهره‌برداری در ارتقای کیفی درس برای استاد بوده و برای مدیریت کلان نیز متراژ و ابعاد نفوذ درس را در پیشبرد اهداف کلان نمایان می‌سازد.

مدیریت کلان با مطالعه شکل‌های ۹ تا ۱۱ و جدول‌های ۱ تا ۴ به‌سهولت و دقت می‌تواند محل نارسایی را آدرس‌دهی کرد و از مدیران آموزش و گروه‌ها درخواست تهیه راهبرد جدید افزایش کیفی برنامه و هدف موردنظر باشد. حال مدیریت کلان می‌تواند مسیریابی کیفی را انجام دهد و عاملان افزایش و کاهش سطح دستیافت‌ها را فهرست کند و با تغییر رویکرد و تزریق یک راهکار دست بر افزایش کیفی محصولات بزند. اکنون برای مدیران تحت امر نیز مسیریابی و کشف محل اشکال شفاف و آسان است و هزینه زمانی و عملیاتی به‌صورت چشمگیر بهینه خواهد شد.



شکل۱۱: میزان دستیابی به اهداف ۱۲ گانه ناشی از LO های درس مدیریت پروژه

۷. نتیجه‌گیری

سیستم ارزیابی کیفیت آموزش‌های مهندسی با تکیه بر رویکرد پیامدمحور(برون دادمحور) معرفی شد. اهداف دوازده‌گانه برای هر برنامه بر مبنای استاندارد جهانی و بومی تهیه شد که به‌طور اخص سه حیطه یادگیری شامل حیطه شناختی، مهارتی و عاطفی را دربرگرفته است. ۱۱ درس از برنامه‌های مختلف دوره کارشناسی برای مطالعه موردی پیاده‌سازی این سیستم در دانشگاه فنی ـ مهندسی بوئین زهرا انتخاب شد. نتیجه اعمال رویکرد پیامدمحور در ارزیابی کیفیت آموزش‌های مهندسی در ۱۱ درس مورد بررسی دقیق قرار گرفت. نتایج حاصل نشان از امکان سنجش خواسته‌های کیفی (اهداف تعریف‌شده برای فرآورده‌های یک مرکز آموزش عالی و برون‌دادهای ملموس درس) برای یک دانشگاه به‌طور عملی بوده است. پیاده‌سازی سیستم پیامد محور در دانشگاه فنی ـ مهندسی بوئین زهرا به‌طور قابل ملاحظه‌ای همسو با آیین‌نامه نظام نظارت، ارزیابی و تضمین کیفیت علوم، تحقیقات و فناوری (موسوم به ناتک) در تاریخ ۱۳۹۵/۰۹/۰۱ (وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ۱۳۹۶) به تصویب رسیده است. آنچه در این مقاله گذشت مظهر عملی از پیاده‌سازی سیستم پیامدمحور در یک دانشگاه کشور بود که مسیر را در جهت نهادینه کردن ساختار ارزیابی کیفیت آموزش عالی ایران برای استقرار یک نظام ارزیابی ثمربخش، مبتنی بر پیامدها، فراهم می‌کند.

از جمله نتایج ملموس پیاده‌سازی عملی سیستم پیامدمحور می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- روئیت‌پذیری فرایندهای آموزش افزایش یافته و امکان ایجاد نظام ارزیابی عادلانه بر کیفیت آموزش‌های مهندسی مهیا شد. حاصل این رویکرد حرکت راهبردی آموزشی از یک سیستم سنتی حلقه باز

مدیریتی به سوی سیستمی پسخورددار، که شرایط لازم برای انعطاف‌پذیری بالا در طراحی رویکردها و راهبردهای مدیریتی و اصلاح کیفی روندهای آموزش را فراهم آورد، به عمل آمد.

- با استفاده از این سیستم ارزیابی نارسایی‌های یادگیری به‌سهولت و دقت زیاد اندازه‌گیری شد و برای ترمیم و ارتقای سطح دستیافت‌های برنامه و سطح یادگیری دروس سیاست‌ورزی اصلاحی کرد. به‌طور خلاصه، می‌توان ادعا کرد که هدایت‌پذیری حرکت کیفی آموزش مهندسی در روندی پایدار و روبه‌جلو با استفاده از سیستم پیامدمحور میسر شد.
- عیب‌یابی و جهت‌دهی کیفی روندهای تدریس، یادگیری و ارزشیابی از جوانب اصلی سیستم پیشنهادی بوده است. انعطاف‌پذیری بالا در بهبود، مدیریت و رشد کیفی آموزش‌های مهندسی ازجمله مواهب ملموس سیستم پیامدمحور برای یک مرکز دانشگاهی بوده است.

مراجع

بازرگان، عباس (۱۳۹۴). *ارزشیابی آموزشی* (چاپ چهاردهم)، تهران: دانشگاه تهران.

بازرگان، عباس (۱۳۹۶). در انتظار نهاد ملی ارزیابی کیفیت. *دو ماهنامه تخصصی دانشگاه امروز*، ۱۰، ۱ ـ ۸.

صادقی، ناهید؛ فراهانی، مهدی و کمره‌ای، محمود (۱۳۹۳). نقش شناسایی و افراز دستاوردهای یادگیری در بهبود کیفیت آموزش عالی، مورد پژوهش آموزش مهندسی برق گرایش قدرت. *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، ۱۶ (۵۸)، ۸۵-۱۱۰

معماریان، حسین (۱۳۹۶). توسعه مهارت‌های آموزشی استادان مهندسی ایران. *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*،۱۹(۷۵)، ۵۵-۷۳

وزارت علوم تحقیقات و فناوری (۱۳۹۵). آیین‌نامه نظام نظارت، ارزیابی و تضمین کیفیت علوم، تحقیقات و فناوری (سند شماره ۱۹۳۸۱/ و مورخ ۱۳۹۵/۹/۳). تهران: وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (عتف).

یوسفی افراشته، مجید (۱۳۹۴). سنجش دستاوردها: رویکردی نوین در سنجش آموزش مهندسی، اولین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی آموزش مهندسی (با تأکید بر فناوری‌های نوین یادگیری)، ۱۹ الی ۲۱ آبان ۱۳۹۴، شیراز

ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology),<http://www.abet.org>.

Bologna Process. (2016). The official bologna process website, (Accessed Feb 2016)<http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/>.

CEAB (2017). Accreditation board, engineering Canada, https://engineerscanada.ca (Accessed Dec 2017)

Crawley, E. F.; Malmqvist, J.; Östlund, S.; Brodeur, D. R. and Edström, K. (2014). Rethinking engineering education: The CDIO Approach; Springer.

Felder, R. M. and Brent, R. (2003). Designing and teaching courses to satisfy the ABET engineering criteria. *Journal of Engineering Education*, 92(1), 7–25. http://www.ncsu.edu/felder-public/Papers/ABET_Paper_(JEE).pdf>.

Rose, A. A.; Ortega, R. A. and Ortega-Dela, C. (2016). Educators' attitude towards outcomes-based educational approach in english second language learning. *American Journal of Educational Research*. 4(8), 597-601.

Spady, W. (1994), Outcome-based education: Critical issues and answers. Association of School Administrators, Arlington Virginia: American.

Tshai, K.Y.; Ho, J.-H.; Yap, E. H. and Ng, H. K. (2014). Outcome-based education – The assessment of programme educational objectives for an engineering undergraduate degree. Engineering Education, 9(1), 74-85.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی