

## نگرش سیستمی آموزش مهندسی خلاق

عبدا... صدری<sup>۱</sup>

**چکیده:** اگر مهندس را خلاق و مهندسی را عمل خلاقه او تعریف کنیم، انتظار متفاوتی از آموزشهای مهندسی رایج خواهیم داشت. مهندسان مانند سایر افراد در زندگی روزمره خود درگیر مسائل مختلفاند، با روش حل خلاق مسئله می‌توان هر نوع مسئله‌ای را نوآورانه حل کرد. تحقق اهداف بلند پروازانه ۱۴۰۴، به تغییر سیستمهای موجود نیاز دارد. آموزش مهندسی مبتنی بر روش حل خلاق مسئله می‌تواند راهکاری مناسب برای اعمال تغییر در نظام آموزش مهندسی کشور باشد. در نوشتار حاضر، روش حل مسائل خلاق و پیاده سازی آن به عنوان یک نظام یکپارچه آموزش مهندسی انتخاب شده است. در این مدل نیازهای همگانی آموزش مهندسی برای دوره چهار ساله در قالب دروس عمومی، پایه، اصلی و تخصصی با رعایت دیدگاه آموزش مهندسی خلاق و نوآور که نگرشی سیستمی آن را حمایت می‌کند، پیشنهاد می‌شود. تحقق اهداف آموزشی برنامه ریزی شده را می‌توان از طریق اندازه‌گیری اندیس تغییر حاکمیت مغز ارزیابی کرد. برای اثر بخش بودن مدل ارائه شده، نحوه ارتباط دانشگاه با صنعت بحث شده است. شیوه آموزش مهندسی پیشنهادی به دلیل سادگی، جاذب و پرتحرک بودن، اگر فرصت مطرح شدن پیدا کند، می‌تواند پس از تکمیل و رفع کاستیها به عنوان یک روش ملی آموزش مهندسی در سطح کلان جامعه به کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: نگرش سیستمی، مهندسی، خلاقیت، آموزش مهندسی، حل خلاق مسئله (CPS) و شاخص اندیس حاکمیت مغز (BDI).

۱. عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران. asadri@aut.ac.ir

## ۱. مقدمه

در جوامع بشری دانشگاهها به نهادهای سنت دوست معروف شده‌اند. حتی دانشگاههای جدید نیز تلاش دارند هاله‌ای از قدمت به دور خود ایجاد کنند. امروزه، با فشار جوامع صنعتی برای تغییر نظامهای آموزشی، مفهوم جاری دانشگاهها به چالش کشیده شده است. نحوه مدیریت و استقلال دانشگاهها موجب شده است تا در برهه کنونی برای ورود به دوران جهانی شدن، رقابت شدید دانشگاهها از یک طرف و تقاضای صنایع دانش محور از طرف دیگر، به اعمال فشار برای تغییر روند آموزش دانشجویانی با توانایی خدمت در صنایع منجر شود. اعتقاد بر این است که استفاده از منابع بر اقتصاد ملی تأثیر گذار است و نحوه برخورداری از آن به طور مستقیم به آموزش مهندسی مربوط می‌شود. بدین منظور، برای مقابله با دنیای در حال تغییر مداوم و مقابله با رقابتهای قرن بیست و یکم، سیاستهای آموزش مهندسی برای هر یک از رشته‌ها، در نقشه راهی که تا سال ۲۰۲۰ را هدف دارد، تهیه شده است [۱]. در نقشه راه مربوط به سیاستهای کلان آموزش مهندسی معدن برای انطباق آموزشهای آینده این نظام مهندسی برنامه درسی انعطاف پذیر<sup>۱</sup> پیشنهاد داده شده است [۲].

از اواسط قرن گذشته، مسئله خلاقیت به‌طور جدی در جوامع مختلف مطرح شده است و امروزه، این روشها سر از آموزشهای دانشگاهی در آورده‌اند. به‌طوری‌که بیشتر دانشگاههای معتبر دنیا روشهای تفکر و حل خلاق مسائل را در برنامه‌های آموزشی خود گنجانیده یا آنها را در راهبردها و راهکارهای خود مطرح کرده‌اند [۳]. آنان برای افزایش مهارت دانشجویان، آموزشهای حرفه‌ای در کارگاههای محلی صنایع یا معادن را در برنامه‌های آموزشی خود گنجانیده و برای ارتباط با صنعت، سیاستهای ویژه‌ای را بنیان گذاشته‌اند [۲]. برای سر تا سر تابستان دانشجویان، برنامه‌های آموزش عملی در نظر گرفته شده است که زیر نظر نهاد ویژه‌ای در دانشگاه برنامه‌ریزی و هدایت می‌شود. در برنامه‌های راهبردی دانشگاهها موضوع توسعه فرهنگ عمومی جامعه نیز در ارتباط با آموزشهای مهندسی تخصصی مورد توجه قرار داده شده است. چنین آموزشهای جامعی از مدرسه شروع می‌شود و تا دانشگاه ادامه می‌یابد [۴]. هدف این نحوه آموزش، کم کردن خطر سرمایه گذاری صنایع رقابت پذیر آینده برای اخذ تصمیم در شرایط عدم اطمینان به اطلاعات است.

سالهاست که جوامع مختلف برای تغییرات سریع آینده آماده شده‌اند و برای مقابله با آن فرهنگ سازی می‌کنند. این جوامع انسانها را در سطوح مختلف برای عصر سنت‌گریزی آماده کرده‌اند؛ عصری با موضوعات جدید که هیچ‌گونه روندی در گذشته صنعتی خود ندارد. اینان دوره خلاقیت اختیاری را با هدف شروع دوران خلاقیت اجباری پشت سر گذشته اند تا آماده گذراندن دوره تحولات آنی شوند. امروزه، جهان آماده است تا هر روز نوآوری جدیدی را در یکی از شاخه‌های خاص که به

نیاز بشری مربوط می‌شود، را شاهد باشد و از اینکه آینده در اختیار ایده‌های جدید و تصور ناپذیر است، تعجبی نکند. چرا که جامعه آماده تغییر موضوعات مختلف با پدیده‌های جدید شده است.

شکی نیست که برای تحقق برنامه‌های ۱۴۰۴ نیاز به تغییر داریم. دیگر حرکت به شکل سابق راه پسندیده و معقولی نیست. برای دستیابی به این اهداف، باید در آموزش مهندسی سنتی رایج کشور تجدید نظر شود. با توجه به نیاز صنایع و نقش آنها در تجارت ملی، منطقه‌ای و فرمانطقه‌ای که رقابت جهانی را مدنظر دارند، تغییر نظام آموزش مهندسی فعلی الزامی است. برای مؤثر بودن در این حرکت نیاز به الگوی آموزش آینده است تا از رهگذر آن قادر شویم مهندسان توانا و کارآزموده را برای مسائل آینده صنایع پیشرو در منطقه تربیت کنیم. برای این منظور، مدلی ساده ارائه شده است که اگر پروارنده شود، کارایی کافی برای تغییر در نظام مهندسی کشور را خواهد داشت.

جهان آماده شده است تا دانشگاه‌های جدید با روشهای متفاوت در آموزش را تجربه کند. دانشگاه‌های نوین در حال متولد شدن هستند. این دانشگاهها فرق زیادی با دانشگاههای فعلی دارند. آموزش عالی در جهان آماده تحول است و تحقق اهداف ۱۴۰۴ نیز ما را ملزم به ایجاد تحول در نظام آموزشی موجود می‌کند. برای تحقق اهداف بلند پروازانه خود باید منتظر تحولات آینده در دانشگاههای کشور باشیم. دستیابی به سیاستهای سند چشم انداز علم، فناوری و نوآوری جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ به خصوص اهداف بندهای ۳، ۵، ۱۴، ۱۶، ۱۹ و ۲۰ و تحقق شاخصهای کلان نقشه جامع علمی کشور [۵] از طریق تغییر در نظام آموزشی کشور امکان پذیر است. چنین تحولی با نهضت علمی که حاصل تغییر نظام آموزش فعلی است، به وجود خواهد آمد. همگام شدن با چنین تحولی نیاز به روشهای آموزش عمومی در ابعاد و مقاطع مختلف دارد. آموزش مهندسی باید متناسب با تغییرات شدید و روزافزون جهانی تغییر کند. برای رویارویی با این تحولات، به مدل آموزش مهندسی متفاوت با روشهای فعلی نیاز است. بنابر چنین اصولی، باید در نظام آموزش مهندسی سنتی تجدید نظر کلی شود؛ به عبارت دیگر، آموزش مهندسی در چنین شرایطی نیاز به "مهندسی مجدد" دارد. در این روش جدید، باید جایگاه خلاقیت مهندس در حل مسائل حرفه‌ای او تعریف و همگامی صنعت با آموزشهای مهندسی مشخص شود تا مهندسان بر اساس مهارتهای مورد نیاز صنعت تربیت شوند.

در مدل سیستمی آموزش مهندسی که برای تحقق اهداف ۱۴۰۴ تهیه می‌شود، پیشنهاد شده است تا روش حل مسائل خلاق محور آموزش تمام حرفه‌ها در نظر گرفته شود و از این طریق مهارتهای لازم در آموزش کلیه دروس و روش تدریس کسب شود. مهندسانی که از طریق چنین تفکر خلاقانه‌ای آموزش ببینند، مبتکران آینده صنایع کشور نیز خواهند بود.

## ۲. آموزشهای سنتی

آموزش همه ما از مدرسه تا دانشگاه نوعی فعالیت انفرادی بوده است. در واگذاری تکالیف، ارزیابیها و غیره هیچ گاه کار گروهی و رقابتی مورد توجه نبوده و ما آن را تجربه نکرده ایم. دروس سنتی منقطع، بی ربط و جزء گراست. این نگرش نیز از روش تفکر تحلیلی حاکم بر فضاهای آموزشی ما نشئت گرفته است. آموزشهای قبل از دانشگاه برای مسائل خوب تعریف شده و ته باز مناسب هستند. ادامه همین روال در دانشگاهها به پرورش مهندسان سنتی منجر شده است. بی شک، وقتی مهندسان پا به دنیای واقعی می گذارند، قادر نیستند از مهارتهای آموزش دیده خود استفاده کنند، چرا که روشهایی را که آنها آموخته اند، به کارشان نمی آید. مسائل دنیای واقعی از نوع ته باز دارای چندین جواب هستند و آموزش دیدگان ما در چنین سیستمی توانایی حل مسائل را ندارند. علت فاصله دانشگاه و صنعت در جامعه امروزی نیز حاصل چنین ناتواناییهایی است؛ به عبارت دیگر، مهندسان در مواجهه با مسائل صنعت باید آموخته باشند که چگونه از راه حل های جایگزین استفاده کنند [۷].

کار ذهن شناخت الگوهای مشابه در دنیای خارج از ذهن است. تفکر خلاق همواره بر خلاف عملکرد ذهن عمل می کند. همین که ذهن الگوهای آشنا را شناخت، در مسیر آن راه می افتد، آن را پی می گیرد و فکر کردن بیشتر در این باره را رها می کند. بنابراین، انسان برای حل مسائل خود، به مسائل بد تعریف شده یا ته باز که در جوامع واقعی با آن روبه رو می شود، علاقه ای ندارد. بدین دلیل، دانشجویان دروسی را که پایه تحلیلی قوی دارند، بهتر و سریع تر دنبال می کنند و اعتقاد دارند که درک بهتری نیز از این قبیل دروس دارند. مسائل تحلیلی راه حل های از پیش تعیین شده دارند و بدین دلیل است که آنها را در ردیف مسائل ته بسته به حساب می آورند. این مسائل را به راحتی می توان با اطلاعاتی که از آنها آموخته شده است، حل کرد. روش حل این نوع از مسائل در آموزشهای متداول یا سنتی، یاد داده می شود. آموزشهای سنتی به جای آنکه از نیروی ذهن برای خلق ایده های جدید استفاده کند، ذهن را برای بهره گیری از اطلاعات ذخیره شده آماده می کند؛ به عبارت دیگر، در دانشگاهها روشهای تحلیلی را برای حل مسائل به دیگر روشها ترجیح می دهند. در جوامع صنعتی نیز به تبع آموزشهای دانشگاهی، بیشتر به تفکر حل مسائل از روش تحلیلی و ترتیبی که حاصل عملکرد بخش چپ مغز است، تأکید دارند. بدین طریق، می توان پذیرفت مسائل صنعت که از مسائل شناخته شده است، به دلیل آشنایی مهندسان شاغل در صنعت، آنها نیز به راحتی از روشهای تحلیلی حل می شوند. بی شک، این نکته می تواند مهم ترین پاسخ بر این سؤال باشد که چرا در صنایع امروزی کشور کمتر شاهد نوآوری هستیم. چنین نگرشی به حل مسائل زندگی از روشی که آموخته ایم، پیروی می کند.

دنیایی که امروزه در آن زندگی می کنیم، در عین تغییر و پیچیدگی، با مسائل دشوار بسیاری مواجه است. صنایع برای رقابت با یکدیگر به مهارتهای انعطاف پذیر تفکرات خلاق، تحلیلی و انتقادی

و قابل انعطاف نیاز دارند تا بتوانند از عهده رویارویی با مسائل خود برآیند و راه‌های جدیدی را پیدا کنند. راه‌های جدید حاصل مهارت مبتنی بر تفکر خلاق است و تثبیت آن به عهده تفکر تحلیلی است. با نگرش تفکر انتقادی در روش حل خلاق مسئله می‌توان دنیای فیزیکی و محیط اجتماعی پیرامون را به طور مستمر رشد داد و بدین طریق، در آینده دیگر شاهد صنایع ساکن و راکد نبود. آموزشهای مهندسی باید دانشجویان را برای چنین مسائلی آماده کنند. بنابراین، باید پذیرفت که دوران حل مسائل تحلیلی تک بعدی به پایان رسیده است و ناچار به استفاده از روشهای متفاوت حل مسائل، با بهره‌گیری از تمام مغز، برای داشتن صنایع رقابت پذیر آینده، هستیم.

با تفکر خلاق تغییرات بنیادی در دانشگاهها به وجود می‌آید و جامعه نیز از آن سود خواهد برد. با چنین تفکری است که صنایع نیز به عوض اتخاذ مسائل و راه‌های معمول و شناخته شده، می‌توانند از طریق روشهایی که مهندسان آنها را آموخته‌اند، راه‌های متعدد پیش رو را تعیین و پاسخ مناسب آنها را پیدا کنند. با حل مسائل صنعت از طریق روشهای حل خلاق مسئله است که می‌توان به نوآوری محصولات و روشهای جدید امید داشت. در نظامهای آموزش تحلیلی که مسائل مشخصی حل می‌شود، نوآوریها مقطعی است و مشخص نیست که استمرار داشته باشد.

آموزش و به‌کارگیری روش حل خلاق مسئله در نظام آموزشی باعث می‌شود حتی دانشجویان در زمینه آموزشهای شخصی نیز از استراتژی رقابتی بهره‌گیرند و در امر پیشرفتهای آموزشی نسبت به هم برتری پیدا کنند. بدیهی است اگر روال آموزش بدین طریق دنبال شود، به زودی می‌توانیم شاهد نظام آموزش موفق و اثر بخشی موفق آن در صنعت باشیم.

### ۳. نیاز همگانی به حل خلاق مسئله

حل خلاق مسئله می‌تواند زندگی یکایک افراد را پربار سازد. از این مهارت فکری می‌توان در خانه، زندگی اجتماعی، فعالیتهای اقتصادی و اصولاً هر اقدام دیگری که برای ما اهمیت داشته باشد، استفاده کرد. حس ماجراجویی، برقراری ارتباط با دیگران، غافل‌گیری، لذت و سرگرمی حاصل از کاوش و بررسی رؤیاهای، به همه ما انرژی می‌بخشد. با بهره‌گیری از روش حل خلاق مسئله برای یک نیاز یا مسئله‌ای مشخص، ایده‌های جدید و راه‌های تازه‌ای را می‌توان جستجو و خلق کرد. این ایده‌ها در اغلب موارد متفاوت از ایده‌هایی هستند که برحسب عادت یا با به‌کارگیری راه‌های سنتی یا از طریق تجربه و با پیش‌فرضها حاصل می‌شوند و مطمئناً در بین ایده‌های متعدد و نوآورانه، تعداد بسیاری از آنها کیفیت بالایی دارند. بی‌شک، در بین آنها مناسب‌ترین راه حل که ایده برتر امروزه ماست، یافت می‌شود. مابقی ایده‌ها که تلاش امروزه ماست و در حال حاضر به کار نمی‌آید، نوآوریهای رقابتی ما را برای حضور در بازار پر مخاطره آینده تشکیل می‌دهند [۱۰]. حل خلاق مسئله تفکر را متعادل می‌کند و قوای تحلیلی و تخیلی انسانها را با هم یکپارچه و هماهنگ

می‌سازد. شکی نیست که برای صنایع آینده به افرادی با توانایی حل خلاق مسئله نیاز است. این روشها را باید در دانشگاهها به دانشجویان آموخت. اگر منتظر بمانیم تا جبر یا حادثه‌ای ما را وادار به استفاده از این روشها کند، زمان زیادی را از دست خواهیم داد. آن وقت حتی ممکن است فرصتی برای شروع مجدد نداشته باشیم. با استفاده از حل خلاق مسئله، ما توانایی آن را به دست می‌آوریم تا تغییر را در زندگی روزمره شناسایی و آن را هدایت کنیم. ما می‌توانیم فضایی در محیط فعالیت و زندگی خود ایجاد کنیم که مشوق تفکر مبتکرانه و نوآورانه ما و اطرافیان ما باشد. پس درنگ جایز نیست، از همین امروز باید دست به کار شد. اگر قصد تغییر نظام آموزشی را نداریم، دستکم باید درسهایی چون درست اندیشیدن یا تفکر درست و حل خلاق مسائل را در برنامه های آموزشی قرار دهیم.

#### ۴. روشهای حل خلاق مسئله

از سال ۱۹۵۰ تاکنون استراتژیهای بسیاری برای حل مسئله از نوع خلاق مطرح شده است. می‌توان ادعا کرد که سرآمد همه روشهای حل مسئله، مدل آقای الکس آسبرن<sup>۱</sup> است. آسبرن فرایند حل خلاق مسئله در شرایط ایده آل را به سه مرحله حقیقت یابی، ایده یابی و راه حل یابی تقسیم می‌کند [۶]. پارانز<sup>۲</sup> بر اساس تجارب طولانی خود در زمینه حل خلاق مسئله به مدل آسبرن دو مرحله دیگر را که مسئله یابی و پذیرش راه حل است، اضافه کرد [۵]. تا به امروز روش پنج مرحله‌ای آسبرن - پارانز با مراحل حقیقت یابی، مسئله یابی، ایده یابی، راه حل یابی و پذیرش راه حل همچنان مورد توجه است.

تقریباً تمام روشهای ارائه شده برای حل مسئله، تأکید بسیاری بر ترغیب و تشویق آزادانه افکار دارند و بدین علت است که آنها را روشهای خلاق برای حل مسئله نامگذاری کرده‌اند. از بین صدها روش حل مسئله، روشهای حل خلاق مسئله (CPS)<sup>۳</sup>، تشبیهات (ساینتک تیکز)<sup>۴</sup> و گریز اندیشی (تفکر جانبی)<sup>۵</sup> که روش شش کلاه یا بازی نقشها نیز نامیده می‌شوند، بیش از دیگر روشها مورد توجه قرار گرفته‌اند [۷].

اگرچه "خلق ایده" در فرایند حل مسئله از بقیه اقدامات دیگر اهمیت بیشتری دارد، ولی بررسیها نشان می‌دهد که به دلیل کم توجهی به پیاده‌سازی راه حلها، بیشتر این ایده‌ها در عمل، با

1. Alex.S.Osbern
2. Parnez
3. Creative Problem Solving
4. Synectics
5. Lateral Thinking

شکست روبه رو می‌شوند. در این میان، روش حل خلاق مسئله نیم نگاهی به اجرایی کردن ایده‌ها داشته است. آنچه در تمام این روشها یکسان است، رعایت اصل واگرایی - همگرایی است. توصیه شده است تا هر گام با واگرایی شروع شود و با همگرایی به اتمام برسد.

مقایسه روشها نشان می‌دهد که اگرچه نمی‌توان تفاوتی بین فرایندهای حل مسائل قایل شد، ولی روش حل خلاق مسئله (CPS) به دلیل سهولت در ارائه و احتراز از پیچیدگی توانسته است مورد پذیرش قشرهای بیشتری از افراد جامعه قرار گیرد [۷]. از بین روشهای حل مسئله بیشترین کارهای پژوهشی به روش حل خلاق مسئله ارتباط دارد و از آنجا که قدمت این روش نیز از دیگر روشها بیشتر است، ماندگاری و ثبات آن، از مؤثر بودن این روش حکایت دارد. بدین دلیل، می‌توان روش توسعه یافته اسبرن - پارنز یا سایر روشهایی که گامهای پنج‌گانه اشاره شده را در بر دارند، به عنوان روش حل خلاق مسئله در نظر گرفت. اگر بپذیریم که باید از روش حل خلاق مسئله برای آموزشهای نوین استفاده کرد، پیشنهاد می‌شود تا برای استفاده عموم و به عنوان روشی استاندارد در کشور، از بین روشی موجود، روشی مناسب انتخاب و معرفی شود. بدین منظور، روش حل خلاق مسئله‌ای که به عنوان روش پذیرفته شده این نوشتار مورد توجه قرار گرفته، در شکل ۴ نشان داده شده است. بهره‌گیری از این روش برای ترویج و آموزش در سطح ملی به گونه‌ای که ارائه شده است، می‌تواند مناسب باشد.

## ۵. تغییر نگرش با حل خلاق مسئله

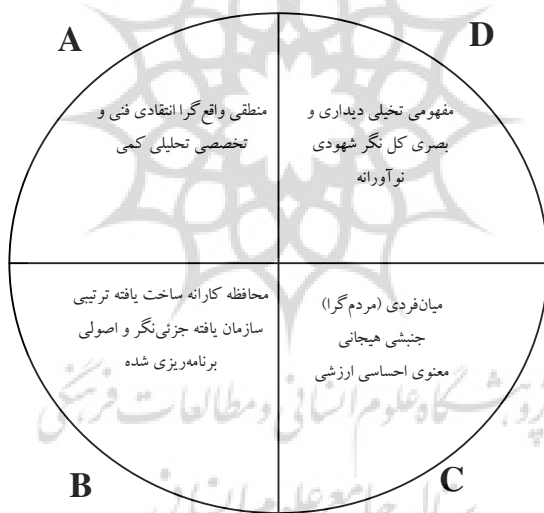
مدت زیادی از دریافت جایزه نوبل توسط دکتر راجرد بلیو اسپری<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۱، به علت تحقیقات او که معرفی دو نیمه مغز بود، نمی‌گذشت که آقای ند هرمان<sup>۲</sup> مدل چهار قسمتی مغز را ارائه کرد. او با بررسی بسیاری که حاصل کار خود را در کتاب مغز خلاق در معرض قضاوت قرار داد، تلاش کرد تا راز مغز انسان را بیابد. او به عنوان معلم دریافت که آموزش افراد چپ مغز با افراد راست مغز متفاوت است. هرمان در بررسیها نشان داد که انسانها از دو نیمه مغز خود یکسان استفاده نمی‌کنند و افراد مختلف بر اساس ترجیحات فکری یا شناختی که از موضوعات پیش رو دارند، مسائل خود را حل می‌کنند. آنهایی که چپ مغزند، تمایل به حل مسائل از طریق روشهای تحلیلی دارند. حال آنکه راست مغزها علاقه مندند تا با روشهای تجربی و انجام دادن فعالیتهای عملی مسائل خود را حل کنند. آقای هرمان متوجه شد که استفاده از تمام مغز برای حل مسائل بهترین روش است.

---

1. Roger. W. Sperry  
2. Ned Hermann

آقای ند هرمان با بررسی بیش از چند صد هزار نموداری که از افراد با تفکرات مختلف تهیه کرد، مدلی را که امروزه به "ابزار تعیین حاکمیت مغز هرمان"<sup>۱</sup> (HBDI) معروفی شده است، ارائه داد. در مدل او مغز انسان به چهار بخش مختلف رفتاری تقسیم می‌شود. در این مدل A و B به قسمت چپ و C و D به بخش راست مغز اختصاص دارد. این مدل یک مدل رفتاری انسان است و تقسیم فیزیکی مغز را به صورت استعاره‌ای مفهوم سازی می‌کند. هرمان نقش هر یک از چهار بخش مغز را مطابق شکل ۱، به شرح زیر، معرفی کرد [۷]:

قسمت A به بخش منطقی، واقع گرا، تحلیلی و کمی مغز نسبت داده شده و قسمت B بخش جزئی نگر، محافظه کار، اصولی، مرتب، سازمان یافته و برنامه ریزی شده انسان است. بخش B در سمت چپ و پایین مغز قرار دارد. هیجانی، احساسی، معنوی و مردم گرا بودن انسانها به بخش C که در قسمت پایین راست مغز قرار دارد، مرتبط است. در نهایت، بخش کل نگر که تخیلی، نوآور، مفهومی، دیداری، بصری و شهودی است، به قسمت بالایی راست مغز یا بخش D اختصاص داده شده است.



شکل ۱: تقسیم چهار بخشی مغز [۷]

امروزه، با پرسشها و بهره‌گیری از نرم افزارهای ویژه می‌توان انسانها را با نمودار حاکمیت مغز شان یا HBDI آنها ارزیابی و با یکدیگر مقایسه کرد. با در دست داشتن این اطلاعات است که می‌توان با

1. Hermann Brain Dominance Instrument (HBDI)



آموزش‌های هدفمند نحوه تفکر انسان را آن گونه‌ای که مد نظر است، تغییر داد. در شکل ۲ نمونه‌ای از تعقیب هدف آموزشی، با استفاده از نمودار حاکمیت مغز هرمان، نشان داده شده است که حاصل آموزش ایده آل دانشکده‌های مهندسی، طی سالهای مختلف، بوده است [۷].

در آموزش مهندسی سنتی که تلاش بر نحوه تفکرات تحلیلی دارند، نمودار ایده آل آموزش آنها در بخش A قرار می‌گیرند. اگر هدف از آموزش را ایجاد مهارت خلاقانه فعالیتها در نظر بگیریم، می‌توان این خصلت را از طریق یادگیری به دانشجو منتقل کرد. این مهم به راحتی از طریق به کارگیری روش حل خلاق مسئله در آموزش مهندسی حاصل می‌شود. چنین مهارتی نتیجه آموزشهای مبتنی بر نحوه استفاده از کل مغز است. بنابراین، با برنامه ریزی می‌توان نحوه نگرش دانشجویان با تفکرات متفاوت را تغییر داد و آنها را به انسانهای کل نگر تبدیل کرد.



© 1986, 1989 Ned Herrmann

شکل ۲: اثر آموزش خلاق دانشکده‌های مهندسی نوین بر تغییر نگرش دانشجویان [۷]

برای اطمینان از اثربخش بودن این روش آموزشی می‌توان از شاخصی که از تغییرات HBDI دانشجویان در طول آموزش آنها به دست می‌آید، استفاده کرد. این شاخص را تغییر حاکمیت مغز<sup>۱</sup> (BDI) نامیده‌ایم. BDI با الهام از ابزار معرفی شده، توسط آقای هرمان، تعریف شده است. برای تعیین شاخص تغییر حاکمیت مغز (BDI)، باید وضعیت (HBDI) دانشجویان در بدو ورود به دانشگاه و پایان هر دوره آموزشی را اندازه‌گیری کرد. در نهایت، شاخص تغییر حاکمیت مغز دانش

1. Brain Dominance Index (BDI)

پژوهان که گویای تغییرات این معیارها در طول دوره آموزش آنان است، تعیین می‌شود. از شاخص تغییرحاکمیت مغز (BDI) به دست آمده می‌توان علاوه بر ارزیابی مهارت‌های آموخته شده دانشجویان، از آن برای ارزیابی دانشکده‌ها و مقایسه دانشگاهها با یکدیگر نیز استفاده کرد.

## ۶. صنعت و آموزش مهندسی

صنعت در جستجوی کارکنانی است که بتوانند با تفکر کل نگر مسائل روزمره آنان را از طریق نوآورانه و گروهی حل کنند؛ به عبارت دیگر، مهارت حل خلاق مسئله نیاز صنایع برای حل مسائل جاری و آینده آنها خواهد بود. دانش آموختگانی که قادر به حل مسائل صنایع از طریق روشهای خلاقانه و جدید باشند، شانس بیشتری برای موفقیت در ارتقای سطح شغلی خود خواهند داشت. بدین طریق، آموزش مهندسی خلاق باید با نیازهای صنعت از نظر آموزش در تعامل باشد. مسلماً صنایعی با این اصول از نوعی نگرش سیستمی برخوردار هستند.

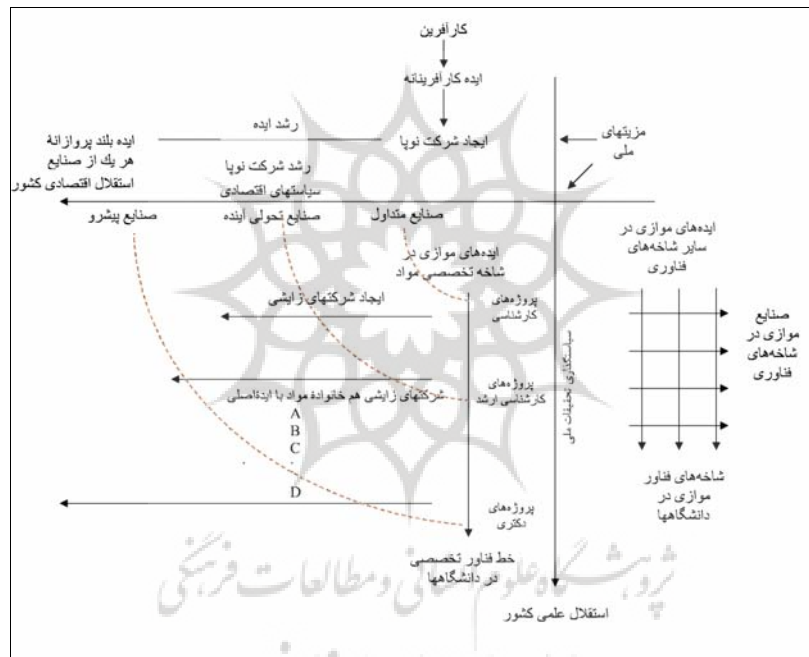
از جهتی دیگر، صنعت نیز باید به کمک دانشگاه بیاید و تخصصهای آنها را با نیازهای خود همسو کند. در این خصوص، ارتباط صنعت با دانشگاه باید دچار تحول شود. اگر چه ورود به این موضوع نیاز به بحث مفصل دیگری دارد، ولی به طور خلاصه می‌توان اشاره کرد که صنعت به دلیل نیاز به بقای خود در جامعه جهانی باید سیاست رقابت پذیری را اتخاذ کند؛ به عبارت دیگر، صنایعی که به فکر استقلال اقتصادی خود هستند، ناچارند برای تحقق این هدف خود، از راه برنامه ریزی گام به گام تحقیق و توسعه ماندگاری خود را در عرصه رقابت تضمین کنند. برای موفقیت در رقابت پذیری نیز نیاز است تا صنایع روشهای حل خلاق مسئله را به کار گیرند.

کسب بازارهای محلی، منطقه‌ای و فرا منطقه‌ای فقط با توسعه فراگیر شرکتها و صنایع مختلف دست یافتنی است. برای رفع نیازهای پژوهشی صنایع، از هم اکنون باید راههای توسعه را با داشتن تحقیقات در ابعاد مختلف کاربردی و توسعه‌ای آن دنبال کرد. انجام دادن کلیه فعالیت‌های تحقیق و توسعه با نگرش به آینده تحول صنعتی در هر شاخه خارج از عهده واحدهای تحقیق و توسعه وابسته به این شرکتهاست. برای انجام دادن فعالیت‌های تحقیقاتی واحدهای صنعتی نیاز به کمک دانشگاهها و دیگر مراکز پژوهشی کشور است.

از سوی دیگر، رسیدن به استقلال علمی بدون توجه به نیازهای تحقیقاتی کشور امری ناقص است. دانشگاهها برای رسیدن به توسعه علمی باید دانش خود را متناسب با نیازهای جامعه در ابعاد مختلف علمی، پژوهشی و توسعه‌ای گسترش دهند. این امر از طریق تأمین نیاز صنایع مرتبط، میسر می‌شود. با شکل دادن خط فناور تخصصی متناسب با شاخه‌های صنعتی شناخته شده در جامعه می‌توان مسیر تحقیقات هر یک از استادان دانشگاهها را هدفمند کرد. رفع نیازهای حال و آینده صنعت از طریق شاخه فناور مربوط در دانشگاهها امکان پذیر می‌شود. از طریق دانشجویان مستعد و علاقه مند دوره

کارشناسی، نیازهای حال و با بهره‌گیری از دانشجویان دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری، نیازهای آینده پژوهشهای توسعه‌ای صنایع مرتفع می‌شوند تا از این طریق نیز پیشگامی دانشگاهها برای رسیدن به اهداف خود که توسعه علمی کشور است، محقق شود. در شکل ۳ نموداری از فرایند همکاری دانشگاه با صنعت و بر عکس نشان داده شده است [۱۱].

با چنین نگرشی است که می‌توان نیاز کل جامعه را برنامه ریزی و از طریق آن دانشگاههای کشور را در جهت نیازهای علمی تحقیقاتی توسعه داد. بدین صورت، نیازهای صنایع تحقیق محور و دانش بنیاد از طریق شاخه های فناور در دانشگاههای تخصصی مرتفع خواهند شد.



شکل ۳: مدل خلاصه شده از تباط سیستمی دانشگاه با صنعت [۱۱]

## ۷. آموزش مهندسی با نگرش سیستمی

اگر از اندیشمندان دانشگاه و صنعت در خصوص سطح توانایی آنها در حل مسائل حرفه‌ای که درگیر آن هستند سؤال شود، تمام پاسخها به پرسش مورد نظر مثبت است و گویای بالا بودن و حتی بی نظیر بودن آن است. تصور ما به دانش خود و مجموعه‌ای که بر آن مدیریت می‌کنیم جز این

نیست. مسلماً نظر نویسنده این مقاله نیز خلاف نظر صاحب‌نظران کشور نخواهد بود. تمام افراد به خوبی و با مهارت قادر به حل مسائل پیش روی خود هستند. ولی اگر بخواهیم آنان پاسخ دهند، چرا با تمام این تواناییها تاکنون قادر نبوده‌اند در شکوفایی و رشد صنعت و دانشگاه در کشور یا منطقه پیشگام و موفق باشند، مسلماً پاسخها بسیار و متنوع است. ولی از میان با اهمیت ترین پاسخها برای عدم موفقیت عمومی می‌توان به نداشتن سیستمی هدفمند اشاره داشت. اگر مجدداً مسائلی را که جامعه با آن رو به روست از نظر مشترکات آنها با هم مرور کنیم، متوجه این نکته با اهمیت می‌شویم که همه مسائل با هم مربوط هستند و حل یکی از آنها بستگی زیادی به حل سایر مسائل دارد. به گونه‌ای که اگر راه حل مشترک و یکسانی برای تمام مسائل مرتبط با هم را پیدا و ارائه کنیم، در واقع، روش حل تمام مسائل ارائه شده قابل حصول خواهد بود. این همان نگرش سیستمی بر نظام یا سیستم کلی است. اگر مهندسی را یک سیستم بزرگ<sup>۱</sup> در نظر بگیریم، هر یک از رشته‌های حرفه‌ای و تخصصی آن یک سیستم است. اجزای آن سیستم رشته‌های تخصصی دانشکده‌ها هستند که زیر سیستم‌ها<sup>۲</sup> را تشکیل می‌دهند و آنها نیز اهدافی مشابه اهداف کلی را دنبال می‌کنند. این نگرش همان طرز فکر سیستمی؛ یعنی اندیشیدن به سیستم های مجتمع و اجزای تشکیل دهنده آنها است [۹]. بنابراین، اگر آموزش مهندسی را با اهدافی که برای آن تعیین شده در نظر بگیریم و تلاش کنیم تا بر اساس روش سیستمی مبتنی بر دانش مدلی را برای حاکمیت آن ارائه دهیم، آن هنگام می‌توان ادعا کرد که روش سیستمی آموزش مهندسی را عرضه کرده ایم.

امروزه، مشخص شده است که روش سیستمی در خصوص حل مسائل مهندسی الگوی مناسبی را ارائه می‌دهد. در نظام آموزش مهندسی انتظار جامعه تربیت نیروی کارآمد برای صنایع دانش محوری است که بتواند سهمی از نیاز جهانی را به خود اختصاص دهد؛ به عبارت دیگر، مهندسان آموزش دیده دانشگاهها مدیران آینده اقتصاد دانش محور کشور خواهند بود که در یک فرایند با سهم رشد اقتصادی تعیین شده‌ای در جهان یکپارچه رقابت خود را دنبال می‌کنند.

مدیران صنایع آینده یا دانشجویان دانشکده‌های مهندسی فعلی، در تمام دوران تحصیل خود رسالتی جز آموزش راههای کسب مهارت حل مسائل مختلف صنعت را ندارند. بنابراین، هدف آموزشهای مهندسی می‌تواند کسب مهارت برای حل مسائل مهندسی باشد. اگر این نگرش در قالب یکی از روشهای سیستمی ارائه شود، دستیابی به نتیجه به سهولت و با سرعت میسر می‌شود. بر اساس دروس مشترک کلیه رشته های مهندسی بوده است که مدل سیستمی آموزش مهندسی ارائه شده است.

---

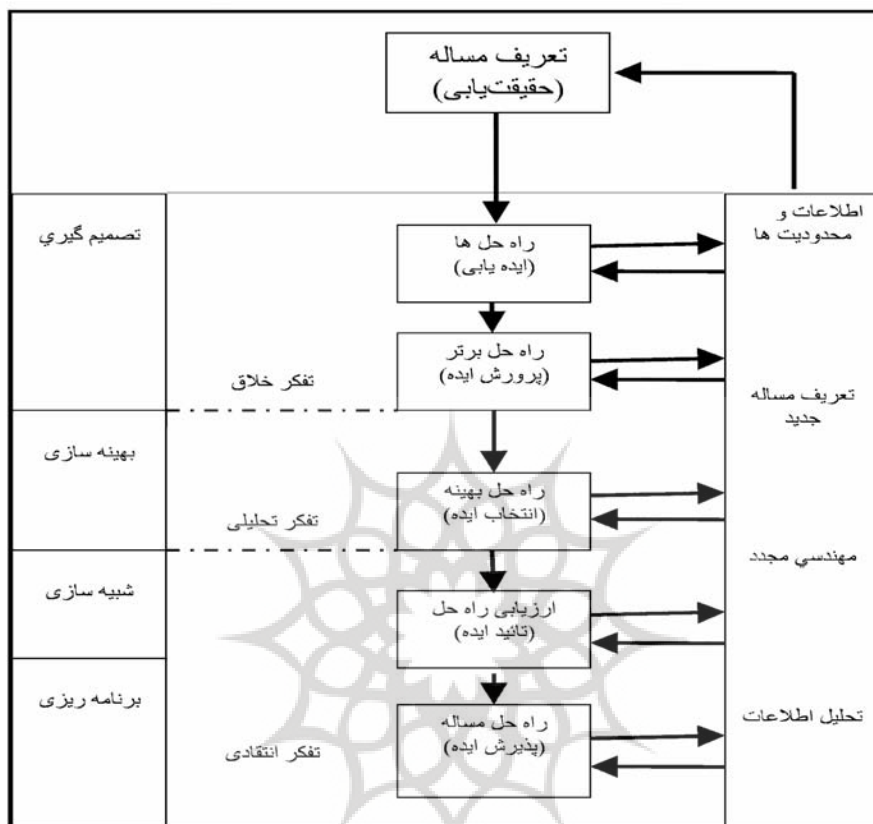
1. Meta System

2. Sub System

## ۸. الگوی آموزش مبتنی بر حل خلاق مسئله

آموزش باید از جنبه های مختلف فردی، اجتماعی و فرهنگی مورد توجه قرار گیرد و به همین دلیل است که توصیه می شود تا برای آموزش مهندسی کلان کشور نقشه راه تهیه شود. نقشه راه مورد نظر بی شک، متفاوت از نقشه تهیه شده جامع علمی کشور است و برای ورود به بحث آن نیاز به فرصت دیگری است. متعاقب نقشه راه آموزش کشور که اهداف سالهای مختلف برنامه در آن پیش بینی شده است، هر دانشگاه و دانشکده نیز به نقشه راهی مجزا، ولی هماهنگ با نقشه راه آموزش کلان کشور نیاز دارد. در این نقشه ها می توان روند تحولی آینده را بررسی و کنترل و هماهنگ با تحقق اهداف، آن را رصد کرد. در صورت لزوم می توان تغییرات را در برنامه نیز اعمال کرد. از طرف دیگر، پذیرفته ایم که تمام دروس و اهداف آنها به مثابه مسائلی هستند که آموزش آنها از طریق به کارگیری روش حل خلاق مسئله میسر می شود. با نتایجی که از بحثهای گذشته عاید شد، روش حل خلاق مسئله ای که بتواند به عنوان الگو، به کار برده شود، در شکل ۴ آورده شده است.

برای حل خلاق مسئله نیاز به سه نوع تفکر تحلیلی، خلاق و انتقادی است. جایگاه این سه روش و ترتیب استفاده از آنها در حل یک مسئله خلاق در شکل ۴ آمده است. به طوری که در فرایند حل خلاق مسئله، ایده یابی به تفکر خلاق نیاز دارد و وقتی که قصد انتخاب ایده برتر را داریم، باید از تفکر تحلیلی برای بهینه سازی شرایط آن استفاده کنیم. برای عملی کردن ایده، تفکر انتقادی برای برنامه ریزی به کمک خواهد آمد. همواره از شبیه سازی برای تأیید راه حل استفاده می شود. بنابراین، مهندسان برای حل مسائل خود به تصمیم گیری، بهینه سازی، شبیه سازی و برنامه ریزی نیاز دارند. با انجام دادن هر اقدامی اطلاعات جدیدی به دست می آید که با تحلیل آن، برای تکرار فرایند قدیم، مسئله ای جدید تعریف می شود؛ به عبارت دیگر، با مهندسی مجدد مسئله قبل، بار دیگر از روندنمای حل خلاق مسئله برای مسئله ای جدید، استفاده خواهد شد. بدین طریق، صنایع در هر لحظه موضوعات جدیدی را در حال بررسی دارند. بنابراین، مسائلی که با این روش حل می شوند، هیچ گاه تکراری نیستند و همواره جدیدند. مواجه شدن با مسائل به این صورت، نیاز آینده جوامع پیشرو است.



شکل ۴: فرایند حل خلاق مسئله در آموزش مهندسی [۱۰]

روش حل خلاق مسئله ساده و قابل فهم است و به دلیل تکرار پذیر بودن مراحل آن به راحتی می توان با به کارگیری آن مشکلات را شناسایی و آنها را مرتفع کرد. بدین دلیل، می توان آن را برای حل هر نوع مسئله‌ای به کار برد. این مدل توانایی دارد مسائل پیچیده و بزرگ را به سادگی مسائل کوچک و کم اهمیت حل کند. علت ارائه الگوی حل خلاق مسئله نبودن یک چنین وسیله مهارتی در نظام آموزش کشور بوده است. با بهره‌گیری از اصول حل خلاق مسئله می‌توان دروس مورد نیاز را در گروه‌های آموزشی با دروس عمومی، پایه، اصلی و تخصصی، برای ۴ سال آموزشی، مطابق جدول ۱، برنامه ریزی و ارائه کرد. در صورت نیاز به زمان بیشتر برای تدریس دروس

تخصصی می‌توان از الگوی تدریس ۵ ساله آموزش مهندسی نیز بهره گرفت. در این نظام آموزشی دانشجویان هر یک از دانشگاهها بدون در نظر گرفتن رشته تحصیلی گزینش خواهند شد.

**جدول ۱: جایگاه دروس و اهداف آنها در آموزش مهندسی جدید**

سالهای آموزش	هدف آموزش	دروس	مثال	ارزیابی
سال اول	دانش عمومی	عمومی	ریاضی خلاق	(DBI)1
سال دوم	مبانی دانش	پایه	استاتیک خلاق	(DBI)2
سال سوم	اصول دانش مهندسی	اصلی	تصمیم گیری	(DBI)3
سال چهارم	دانش عملی تخصصی	تخصصی و اختیاری حرفه‌ای	ترابری درمعادن	(DBI)4
			سیستمهای قدرت	
			سازه های فولادی	

آن طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، تمام دانشجویان به طور مشترک در سه سال اول آموزش، دروس برنامه ریزی شده را می‌گذرانند. دانشجو در طول سه سال تحصیل در دانشگاه ارزیابی می‌شود و با تعیین شایستگیها و علاقه‌ای که دارد، رشته تحصیلی مناسبی را انتخاب می‌کند. یکی از محاسن این روش آموزش مهندسی تدریس دروس تخصصی رشته‌های تخصصی در سال چهارم است. برای سادگی در ارائه جدول ۱، فقط نام دروس هر گروه به صورت نمونه، آورده شده است. بدیهی است که می‌توان باقی دروس را از طریق مشابه سازی با آنها مشخص و جدول را تا سقف واحدهای موظف تکمیل کرد.

در این مدل نیازهای همگانی آموزش مهندسی برای دوره آموزشی چهار ساله مشخص شده است. دروس عمومی، پایه، اصلی، اجباری و اختیاری با رعایت دیدگاه آموزش مهندسی خلاق و نوآور که نگرشی سیستمی آن را حمایت می‌کند، پیشنهاد شده است. دانشجوی تازه وارد دروس عمومی را با هدف آموزش و تربیت مهندس، به عنوان فردی خلاق، می‌گذرانند. برای توسعه فرهنگ حل خلاق و پیاده سازی آن، ابزار مهم مهندسی که همواره در طراحی و اجرا به کار گرفته می‌شوند، در دروس پایه به دانشجوی خودرس ارائه می‌شود. دروس مهندسی عمومی و جایگاه هر یک در روند حل و پیاده سازی مسائل خلاق، به عنوان دروس اصلی، به دانشجویان کهتر در سال سوم ارائه می‌شود. دانشجویان مهتر دروس اجباری و اختیاری رشته‌های تخصصی حرفه‌های شناخته شده یا رشته‌های بین رشته‌ای جدید را در سال چهارم آموزش می‌بینند.

سر فصل تمام دروس حرفه‌ای باید با رعایت اصول آمده در چارچوب روش حل خلاق مسئله تدوین شوند، به گونه‌ای که در محتوای آموزشی این دروس باید از ابزار و روشهای عمومی مهندسی که آموزش داده شده است، برای ارتباط دروس با یکدیگر استفاده شود. زمینه‌های آشنایی دانشجویان با صنعت نیز با درگیر کردن تمام وقت دانشجویان در تابستانها با برنامه آموزشی کارورزی و مهارتهای مهندسی در صنایع مختلف فراهم می‌شود.

این شیوه آموزش مهندسی به دلیل سادگی، جذاب و پرتحرک بودن می‌تواند به سرعت مورد توجه دانشجویان قرار گیرد و از آنجا که روشی هدفمند است. به سهولت قابل فهم است. روش ارائه شده حاصل تجربه آموزشی و همکاری طولانی نویسنده مقاله با صنعت است که در آن به تحولات آموزش مهندسی دنیا نیز توجه شده است. اگر این روش پرورنده شود و فرصت نقد و بررسی بیشتری پیدا کند، بی شک مورد استقبال واقع خواهد شد. این روش به دلیل مشترک بودن دروس سه سال اول با دیگر رشته‌های مهندسی به امکانات کمتر سخت افزاری نیاز خواهد داشت، به گونه‌ای که با بهره‌گیری از آن، مشکل فضاهای فیزیکی آموزشی نیز مرتفع می‌شود. این روش می‌تواند پس از تکمیل و رفع کاستیهای آن، به عنوان یک روش ملی آموزش مهندسی در سطح کلان جامعه مطرح و به کار گرفته شود.

## ۹. فرجام

برای آینده پیشنهادهایی به شرح زیر تهیه شده است:

- برای تحقق اهداف آموزش مهندسی تا سال ۱۴۰۴ نیاز به نقشه راهی است که باید اهداف میانی راه در آن تعیین شده باشد.
- برای مقابله با جهان در حال تغییر نیاز است تا از روشهای آموزش انعطاف پذیر برای اعمال تغییرات در مواقع لزوم استفاده کرد.
- برای آنکه دستیابی به اهداف توسعه‌ای کشور در زمینه آموزش مهندسی و صنایع رفابتی امکان پذیر شود، به نظام آموزش مهندسی خلاق نیاز داریم؛ نظام آموزشی مورد نظر باید متفاوت با نظام فعلی کشور باشد.
- تا فرصتها از دست نرفته است باید در آموزشهای مختلف پیش دانشگاهی و دانشگاهی از روشهای تفکر و حل خلاق مسئله استفاده کرد.
- آموزش مهندسی مبتنی بر روش حل خلاق مسئله مناسب ترین روش برای نظام آموزشی آینده کشور است. لازم است این روش برای یکسان سازی، استاندارد و برای اجرا معرفی شود.



- به منظور تعیین اثربخشی آموزشهای دانشگاهی اندازه‌گیری کارایی نظامهای آموزشی مورد نیاز است. شاخص تغییرات حاکمیت مغز می تواند روشی مؤثر برای این کار باشد. برای معرفی این ابزار یا هر ابزار مناسب دیگری بررسیهای تکمیلی نیاز است.
- برای آموزش مهندسان مورد نیاز صنعت همکاری نزدیک صنعت با دانشگاه الزامی است و مشکلات آن با بهره‌گیری از اصول روش حل خلاق مسئله مرتفع می شود.

## مراجع

1. The National Science Board (NSB), "Moving forward to improve Engineering", **Education 2007report**, November 19, 2007. Available at: <http://www.nsf.gov/pubs/2007/nsb07122/nsb07122.pdf>
2. The National Association, "The Future Begins with Mining", ptember, 1998 Available at: <http://www1.eere.energy.gov/industry/mining/pdfs/miningbro01.pdf>
۳. محتشم، رضا، "تحول الگوی آموزش عالی در جهان" روزنامه همشهری به نقل از اکونومیست ۸ سپتامبر ۲۰۰۰.
۴. جی. سی. دندی و آر. اف. وارنر، برنامه ریزی و طراحی سیستمهای مهندسی، ترجمه کمال الدین ملکی، نشر چشمه سار، چاپ اول، پاییز ۱۳۷۸.
۵. نقشه جامع علمی کشور، پیش نویس سوم، دبیرخانه نقشه جامع علمی کشور.
۶. الکس. اسبرن، **پرورش استعداد همگانی ابداع و استعداد**، ترجمه دکتر حسن قاسم زاده، انتشارات نیلوفر، چاپ سوم، پاییز ۱۳۷۵.
۷. ادوارد لامزدین و همکاران، **حل خلاق مسئله، مهارتهای فکری برای جهان در جهان تحول**، ترجمه دکتر بهروز ارباب شیرابی و همکار، انتشارات ارکان دانش، چاپ اول، پاییز ۱۳۸۶.
۸. زد. تی. بنیاوسکی، "متدولوژی طراحی در مهندسی سنگ"، ترجمه مهدی ابراهیمی، نشر اردیبهشت، چاپ اول، تابستان ۱۳۸۳.
۹. چالزوست چرچمن، **نظریه سیستمها**، ترجمه رشید اصلانی، ناشر مرکز آموزش مدیریت دولتی، ۱۳۶۹.
۱۰. توماس ال. ساعتی، **تفکر خلاق**، حل مشکل و تصمیم گیری، ترجمه مجید عزیزی و همکار، ناشر دانشگاه تهران، ۱۳۸۶.
۱۱. صدری، عبدالله، "کارآفرینی" معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۴.  
(پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۹/۱۱)