

## آموزش مهندسی مبتنی بر رفع مشکل مروری بر تجربه‌های دانشگاه Aalborg دانمارک

اکبر خداپرست حقی  
دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

**چکیده:** یکی از وظایف دانشگاهها، که مهم‌ترین و مؤثرترین نهادهای آموزشی به حساب می‌آیند، این است که باید دانشجویان را به گونه‌ای تربیت کنند که هر دانش‌آموخته‌ای بتواند متناسب با رشته و مدرک دانشگاهی خود جذب بازار کار شود، ولی مشکل بیشتر دانشگاهها این است که نمی‌توانند دانشجویان را به درستی برای بازار کار تربیت کنند. مطالعه تجربه‌های دانشگاه آلبورگ<sup>۱</sup> در زمینه تربیت مهندسان کارآزموده نشان می‌دهد که چگونه دانشجویان در طول مدت تحصیل موارد عملی را یاد می‌گیرند تا وقتی که وارد بازار کار شده بتوانند از عهده وظایف برآید؛ به عبارت دیگر، دانشجویان به گونه‌ای تعلیم می‌بینند که بتوانند به صورت نظری-کاربردی تحصیل کنند و در نتیجه، تخصص و کارایی لازم را در رشته مورد نظر به دست آورند تا در بازار کار جذب همان رشته‌ای شوند که در آن تخصص یافته‌اند. در واقع، رشته‌های مهندسی را طوری طراحی می‌کنند که نتیجه کار دانش‌آموختگان عینی‌تر، محسوس‌تر و کاربردی‌تر شود.

۱۷۰ آموزش مهندسی مبتنی بر رفع مشکل، مروری بر...

واژه‌های کلیدی: آموزش مبتنی بر مشکل، آموزش مهندسی و تجربه‌های دانشگاه  
آلبورگ.

## ۱. مقدمه

با توجه به نیاز سازمانهای صنعتی جدید، آموزش مهندسان برای کسب مهارتهای کارآفرینی، توانایی مدیریت، توانایی شرکت مؤثر در کارهای گروهی و توانایی برقراری ارتباط با افراد غیر فنی جایگاه ویژه‌ای یافته است. بدیهی است که این تواناییها و مهارتها از طریق آموزشها و سخنرانیهای علمی در کلاس کسب نمی‌شود. اگر چه دانشجویان مشغول به تحصیل در دانشگاههای سنتی در کلاسهای درس و آزمایشگاههای پیشرفته شرکت می‌کنند و در این روش از نظر تئوریک از دانش بالا و از اطلاعات دانشگاهی بسیاری برخوردار می‌شوند، اما باید این واقعیت را پذیرفت که دانش مهندسی زمانی ارزش واقعی خود را نشان می‌دهد که آموخته‌ها برای حل مشکل به کار گرفته شوند.

یکی از این روشها PBL<sup>۱</sup> است که در این مقاله به شیوه اجرای آن در تحصیل دانش مهندسی و تأثیر آن بر جامعه و توسعه پرداخته شده است.

## ۲. درخواست اجتماعی به نتایج دانشگاه

بدیهی است که نتایج تحقیقات به دست آمده در آزمایشگاه دانشگاهها باید در ایجاد ابزارهای جدید و ارتقای زندگی آینده بشر به کار گرفته شود. اما این احتمال را نیز باید در نظر داشت که تحقیقات صورت گرفته می‌توانند فقط از نوع آکادمیک باشند و در آن مقطع زمانی برای جامعه کاربردی نداشته باشند. از طرف دیگر، باید این واقعیت را پذیرفت که شرکتها و مؤسسات خصوصی نیز فقط در صورتی برای یک تحقیق سرمایه‌گذاری می‌کنند که برخی از اهداف مورد نظر بخش صنعت را تأمین کند.

به طور کلی، شرکتها سعی می‌کنند مهندسانی را استخدام کنند که دارای دیدگاه کارآفرینی و از مهارتهای خاص [مانند توانایی فعالیت در کار گروهی] برخوردار باشند؛ به عبارت دیگر، بخش صنعت ترجیح می‌دهد که مهندسانی را به کار گمارد که به آسانی

قادر باشند با محیط و فرهنگ شرکت سازگار شوند و بتوانند راه‌حلهایی را برای حل مشکلات صنعتی ارائه دهند. از دیگر ویژگیهای این دانش‌آموختگان این است که باید در جمع‌آوری اطلاعات و در پردازش داده‌ها برای حل مشکل سرعت عمل داشته باشند و در نهایت، به‌سادگی بتوانند نظرهای خود را به افراد سطوح مختلف سازمان ارائه دهند. نباید از نظر دور داشت که توانایی حل مشکل مسئله‌ای فراتر از جمع‌آوری اطلاعات کلی و قوانین است. مشکلات واقعی در صنعت به ندرت مشابه مشکلاتی است که در دانشگاه آموزش داده شده است. بنابراین، برای افزایش توانایی حل مشکلات صنعت لازم است که دانشجوی مشغول به تحصیل در دانشگاه با محیط خارج از دانشگاه ارتباط مستمر [و نه مقطعی] داشته باشد. این واقعیت را نمی‌توان انکار کرد که اغلب مشکلات صنعتی‌ای که در کلاس درس مطرح می‌شود، به محیط و شرایطی مربوط هستند که فقط با یک راه حل ساده قابل رفع است. در مقابل، مشکلات واقعی در یک سری اهداف، مفاهیم، محتویات، موانع و ناشناخته‌های در حال تغییری روی می‌دهد که بر شیوه حل مشکل نیز تأثیرگذار است. از این رو، برای موفقیت دانشجویان در شغل آینده‌شان باید به طرح و تحلیل مشکلات دشوار واقعی پرداخت که با مشکلات خارج از محیط دانشگاه مطابقت داشته باشد. به‌دست آوردن این مهارت هدف اصلی آموزش مبتنی بر مشکل است.

### ۳. مسائل اساسی یادگیری

بهترین روش یادگیری و شناخت یک تئوری بررسی این مسئله است که آیا دانشجوی می‌تواند تئوری کلاسیک را در عمل به کار گیرد یا خیر. آموزش مهندسی در دنیای امروز عبارت از حل مشکل واقعی از طریق به کارگیری نتایج حاصل از تحقیقات مهندسی است. بنابراین، واضح است که باید تلاش شود تا فرایند اصلی یادگیری را با شیوه حل مشکلات مهندسی به‌طور کاربردی در ضمن آموزش مرتبط ساخت.

در این زمینه دانشگاه آلبورگ نوآوری و تحولی در آموزش مهندسی ایجاد کرده است. برنامه آموزشی به طور معمول در دو نیمسال برنامه ریزی شده است. هر نیمسال متشکل از یک دوره ۲۰ هفته‌ای در دانشگاه است. در هر نیمسال دانشجویان ضمن گذراندن برخی دروس اجباری مانند ریاضیات، علوم کامپیوتر و... پروژه‌ای با بار کاری ۵۰۰ ساعت را اجرا می‌کنند و تحلیل برخی مبانی مرتبط با پروژه نیز بر عهده خود دانشجو گذاشته می‌شود. دانشجویان باید یاد بگیرند که آموخته‌های خود را از همان ابتدا به کار گیرند. بنابراین، آموزش کاربردی بر خلاف نظام سنتی به دوران کارآموزی موکول نمی‌شود.

وجه تمایز دیگر این نظام آموزشی با نظام سنتی این است که هنگام تحلیل و رفع مشکل پروژه، لازم است که دانشجو یاد بگیرد چگونه با فرایند کاری و نتایج کار مهندسان دیگر ارتباط منطقی برقرار کند. در این مقطع توانایی دانشجو هنگام شرکت در کار گروهی محک می‌خورد. همچنین، در این مرحله از کار شخصیت مدیریتی دانشجو نیز به تدریج شکل می‌گیرد. در پایان هر نیمسال دانشجو باید یک امتحان شفاهی مبتنی بر یک گزارش ۱۵۰ صفحه‌ای بدهد. این امتحان گروهی است و تا ۶ ساعت به طول می‌انجامد، اما نمرات به صورت فردی داده می‌شود. در این مرحله دانشجو باید توانمندیهای خود را چه از نظر تخصصی و چه از نظر برقراری ارتباط با مخاطب نشان دهد. به علاوه، دانشجویان باید در امتحانات فردی دروس اجباری نیز شرکت کنند.

این شیوه تدریس امکان ایجاد مهارتهای تحلیلی را به طور مطلوب فراهم می‌آورد و دانشجویان را از کسب تجارب خوب و ارزشمند در سازگاری و حل مشکلات مهندسی برخوردار می‌سازد. دانشجویان علاوه بر کسب دیدگاههای تئوریک، نحوه به کار گرفتن عناصر تئوریک را، از طریق شرکت در یک سلسله از سخنرانیهای علمی به منظور تحلیل و تبیین مشکلات مهندسی خاص، می‌آموزند و تجربه ارزشمندی کسب می‌کنند. البته، در این روش یک سری از نتایج پروژه‌های مرتبط با کار دانشجو در سطوح حرفه‌ای باید در دسترس او قرار داشته باشد. این روش موجب می‌شود تا دانشجو بتواند با سرعت عمل

بیشتری به جلو رود. نباید از نظر دور داشت که در تمام دوران تحصیل ارتباط مستمر بین دانشگاه [یعنی دانشجویان و محققان] و صنعت برای یافتن مشکلات واقعی مورد علاقه طرفین الزامی است، زیرا این رابطه باعث افزایش درک ارتباطی و مشترک بین مراکز توسعه صنعتی، دانشجویان و استادان دانشگاه می‌شود.

### روش کار

در رشته الکترونیک و فناوری اطلاعات در دانشگاه آلبورگ با ۱۸۰ گروه دانشجویان مهندسی که در هر نیمسال بر روی یک پروژه کار می‌کنند، بیش از ۳۰۰ پیشنهاد پروژه در هر سال نیاز است. ناگفته نماند که رعایت اصول اولیه مذاکرات و ارتباطات فردی مناسب بین استادان و مهندسان در صنعت باید به‌عنوان اولین و مهم‌ترین اصل مورد توجه قرار گیرد تا بتوان به شناسایی مشکلات مهندسی در تمام سطوح دست یافت. رضایت بسیاری از شرکتها از عملکرد کلی تیم دانشجویی نشان از این واقعیت دارد که دانشگاه توانسته است راه حلی برای مشکلات آنها ارائه دهد. حتی اگر هدف دانشجویان فقط یادگیری باشد، به مشکل مطرح شده توسط صنعت تنها به‌عنوان نوعی ابزار آموزشی نگاه می‌کنند. اگر چه نباید از نظر دور داشت که دانشجویان نمی‌خواهند کارشان ناتمام خاتمه یابد و در نتیجه، تلاش خواهند کرد تا با کار بیشتر به مهندسان خوب و حرفه‌ای مبدل شوند.

مجدداً یادآوری می‌شود که برای دستیابی به اهداف ذکر شده به مذاکرات سیستماتیک و مستمر بین شرکت و دانشگاه نیاز است. این مذاکره میان کارکنان بخش مهندسی و مدیران پروژه در صنعت و دانشگاه [متشکل از مدرسان و دانشجویان] صورت می‌گیرد. بنابراین، این مورد تنها انعقاد یک قرارداد ساده در سطح مدیریتی دانشگاه و صنعت محسوب نمی‌شود، بلکه سطوح مختلف مهندسی را نیز در بر می‌گیرد. نتایج این کار گروهی عبارت است از:

- ارائه نمونه‌ای برای تولید محصولی جدید؛
  - ارائه نظرهایی برای تولید محصولی جدید؛
  - ارائه نظرهایی برای تحقیق جدید در خصوص تولیدات مختلف؛
  - تنظیم قرارداد برای شبکه‌های تولید آینده؛
  - تنظیم و پیش بینی قرارداد برای مشاغل آینده دانشجویان؛
  - پیشنهاد کار به دانشجویان در اوقات فراغت.
- ناگفته نماند که اغلب شرکتهای مدرن پروژه‌های مهندسی خود را به صورت گروهی سازماندهی می‌کنند. از این رو، دانشجویانی که سابقه شرکت در پروژه‌های مهندسی PBL را داشته باشند، به آسانی با این مشاغل سازگار می‌شوند و از همان ابتدا به‌نحو چشمگیری کارآمد هستند.

#### **PBL** مبتنی بر کار

در برخی کشورها بسیاری از دانشجویان مهندسی تحصیلات خود را نیمه تمام رها می‌کنند که شاید یکی از دلایل آن عدم کارایی مهندسان تحصیل کرده در بخش صنعت باشد. بر اساس یک قاعده کلی، برخی از دانشجویان مهندسی در صنایع به صورت نیمه وقت به کار مشغول می‌شوند. در ابتدا، چنین به‌نظر می‌رسد که این عمل نتایج مثبتی برای دانشجویان به همراه دارد، زیرا بخشی از هزینه‌های زندگی خود را تأمین می‌کنند و از طرف دیگر، نتایج مثبتی نیز برای صنعت در پی دارد، بدین دلیل که از نیروی کار کم هزینه و پویایی برخوردار می‌شود که در هر زمان برای انجام دادن کار آماده است. البته، برخی شرکتهای نیز برای تحصیلات [داخل شرکتی] بر روی این افراد سرمایه‌گذاری می‌کنند. نباید از نظر دور داشت که اشتغال نیمه وقت مشکلاتی را نیز برای دانشجویان، شرکتهای دانشگاهها، پلی تکنیکها و جامعه به همراه دارد. در بسیاری از موارد مشاهده شده است که دانشجویان به انصراف از ادامه تحصیل تشویق می‌شوند و ترجیح می‌دهند به‌طور تمام وقت

در صنعت استخدام شوند. در برخی موارد مشاهده شده است که شرکتهای بزرگ برای تحصیل این قبیل دانشجویان سرمایه گذاری می کنند تا به نیروی کار مطلوبی تبدیل شوند، اما شرکتهای کوچک و متوسط از منابع کافی برای هزینه کردن در این امر برخوردار نیستند و با شکست مواجه می شوند.

هدف دانشگاه آلپورگ در اجرای این برنامه آموزش مهندسی، آموزش به مفهوم مطلق آن نیست، بلکه هدف اصلی آموزش چگونگی حل مشکل و افزایش میزان صلاحیت دانشجویان رشته مهندسی در برخورد با مسائل کاربردی و واقعی است. بنابراین، در روش آموزشی PBL:

۱. دانشجو می پذیرد که مشکل، نوعی ابزار برای پیشبرد اهداف آموزشی است.
۲. کسب مهارتهای شغلی به کمک این ابزار امکان پذیر است.
۳. یاد گرفتن دروس مهندسی، همزمان با حل مشکل واقعی، نزدیک شدن به هدف است.
۴. هدف حل مشکل است.

### کار گروهی

دانشجویان رشته های مهندسی را باید از اهمیت کار گروهی مطلع ساخت. آنها باید بدانند که مهندسان به صورت انفرادی کار نمی کنند. باید به آنان آموخت که مشکلات مهندسی واقعی توسط گروههای متشکل از مهندسان تحصیل کرده و افراد ماهر حل می شود.

کار گروهی سازمان یافته عامل مهمی در فرایند یادگیری و پویایی دانشجو به شمار می آید. این امر باعث افزایش مهارتهای حرفه ای دانشجویان و به ارائه پیشنهاد برای حل مشکل و ارزیابی پیشنهادهای سایر دانشجویان منجر می شود. در این بخش از دوره آموزش مهندسی دانشجویان اسناد مختلف را در غالب گزارشها تهیه و طبقه بندی می کنند و سپس، به بررسی و تدوین مقالات علمی و پوسترها می پردازند. ارائه گزارشهای شفاهی بخش دیگری از این مجموعه است که تمرین خوبی برای برقراری ارتباط دانشجو با سایرین

است. این روش دانشجویان را برای ارائه مدارک نگارشی و ارائه سخنرانیها آماده می‌سازد.

بدین ترتیب، دانشجویان یاد می‌گیرند که چگونه در حل مشکلات اصلی مهندسی مشارکت داشته باشند و نیز چگونه با مباحث حرفه‌ای در شرایطی چون تعریف مشکل و مباحث مربوط به انتخاب راه حل سر و کار داشته باشند. همچنین، آنها با شیوه صحیح طبقه‌بندی اطلاعات برای حال و آینده آشنا می‌شوند، آنها یاد می‌گیرند که چگونه در باره واژه‌های علمی و نظرهای خود در خصوص راه حل درست بحث کنند، آگاه می‌شوند که تنها این مسئله کافی نیست که بگویید نظر شما درست است، بلکه باید اعضای دیگر گروه درباره صحت آن متقاعد شوند. در واقع، دانشجویان نحوه ارائه دلایل مستدل و مستند را بارها و بارها تمرین می‌کنند.

همچنین، دانشجویان یاد می‌گیرند که چگونه کار گروهی را سازماندهی کنند. آنها باید بدانند که در صورت سرپیچی یک نفر از وظایف خود کار گروه مختل خواهد شد. تحت این شرایط، دانشجویان با احساس بر خورداری از یک اعتماد به نفس بالایی به کار خود ادامه می‌دهند.

کار گروهی باعث می‌شود که دانشجویان یکدیگر را به پاسخگویی تحریک کنند. نباید از نظر دور داشت که دانشجویان سعی در حل مشکل دارند و مهندسی خود نوعی حل مشکل است. در اینجا به هر یک از اعضای گروه وظیفه خاصی محول می‌شود. دانشجویان می‌آموزند که برای موفقیت در کار باید مطالعه داشت، به دنبال اطلاعات بیشتر رفت، مقالات علمی متعددی خواند، در اینترنت به جستجو پرداخت و برخی برنامه‌ریزیهای لازم را انجام داد. از آنجا که هیچ یک از دانشجویان علاقه ندارند به راه حل نامناسب دست یابند، به سختی و با جدیت هر چه بیشتر بر روی پروژه‌های محول شده کار می‌کنند. در واقع، اجرای پروژه صنعتی عامل کلیدی این دوره آموزشی است. دانشجویان آموخته‌های نظری را در حل مشکل به کار می‌برند و قادر خواهند شد از طریق پروژه‌هایی

که برای آنان تعریف شده است، کار حرفه ای خود را منعکس سازند. در دانشگاه آلبورگ دانمارک از اوایل سال ۱۹۷۴، تحصیلات مهندسی به صورت PBL و به گونه‌ای که شرح داده شد، اجرا گردید. البته، صنایع در ابتدا آن را چندان نپذیرفتند، زیرا در آن زمان هنوز بر این باور بودند که دانشجویان باید در محیط دانشگاه علم کسب کنند، نه در صنعت.

سالها بعد که مهارتهای کار گروهی به مهارتهای درخواستی صنایع برای مهندسان تبدیل شد، صنعت و دانشگاه به این باور رسیدند که کار گروهی دانشجویان برای حل یک مشکل مهندسی روش مناسبی است. از آن زمان به بعد، برای نخستین بار و با بهره گرفتن از این روش، این منطقه حتی به مرکز اصلی طراحی و ساخت تجهیزات بی سیم و ارتباطات تبدیل شد [مانند تجهیزات موبایل، تجهیزات بی سیم، تجهیزات ارتباطات دریایی و ارتباطات ماهواره‌ای].

این منطقه اکنون دارای ۴۰ شرکت است که تمام آنها در این زمینه با دانشگاه آلبورگ همکاری می کنند. توانایی دانشگاه آلبورگ در برگزاری مطلوب این شیوه آموزشی و تحویل مهندسان کار آزموده به بخش صنعت کاملاً به اثبات رسیده است. دانشگاه آلبورگ از داراییهای ارزشمند این منطقه به شمار می آید.

#### ۴. تحصیل مهندسی در آینده

در مفهوم PBL هدف اصلی یادگیری از طریق ارتباط رشته‌ها با یکدیگر و حل مشکلات مهندسی است؛ حل مشکل فقط ابزاری برای به ثمر نشاندن مفهوم PBL است و هدف اصلی به شمار نمی آید. ترکیب این دو نوع تفکر آشکار است. چالش در این مورد استفاده از مفهوم تغییر یافته PBL برای ترکیب مهندسی کارآمد و آموزشهای دانشگاهی و ترکیب عملکردهای صنعتی برای دانشجویان و برای انجام دادن مطالعات زیر است:

- جایگزینی پروژه های دانشگاهی با پروژه های صنعتی؛

- ترکیب گروه‌های دانشجویی با گروه‌های کاری در صنعت؛
- اصلاح دایم دروس دوره آموزشی بر اساس نیاز جامعه؛
- دستیابی به پشتیبانی صنایع برای مشارکت در گروه‌های کاری؛
- ایجاد مشارکت بین صنعت و دانشگاه در زمینه اجرای پروژه‌هایی که ضامن مفهوم یادگیری PBL باشد.

##### ۵. نتیجه‌گیری و ارزیابی روش آموزشی

با ارزیابی تحصیلات مهندسی در کشور دانمارک از فارغ‌التحصیلان دانشگاه آلبورگ و کارایی روش تدریس مبتنی بر "حل مشکل" نتایج مثبت زیر شناسایی و گزارش شده است:

- برقراری ارتباطات [کتبی و شفاهی] دانش‌آموختگان این دوره آموزشی در سطح عالی؛
  - توانایی در تعریف مشکلات مهندسی؛
  - توانایی مطلوب در اجرای پروژه به‌طور کامل؛
  - توانمندی در اجرای تحقیق و توسعه فنی؛
  - توانایی منحصر به فرد در برقراری ارتباط با مردم با فرهنگ و سطح تحصیلات مختلف.
- ایجاد این مهارت‌ها در دانش‌آموختگان نتیجه روش آموزش صحیح مهندسی این دانشگاه است، آموزشی که در دنیای امروز کاملاً شناخته شده است. تمام این مهارت‌ها ناشی از شرکت مستمر دانشجویان در اجرای پروژه‌های گروهی است و از آنجا که کار گروهی در مشاغل مهندسی از اهمیت خاصی برخوردار است، لذا، فارغ‌التحصیلان در اولین شغل خود پس از تحصیل بسیار موفق ترند.
- نباید از نظر دور داشت که یکی از ارکان اصلی موفقیت در این دوره مشارکت عمده بین صنعت و دانشگاه است. این مشارکت نه تنها محرکی برای دانشجویان در روند یادگیری به شمار می‌آید، بلکه برای پیشبرد اهداف شرکتها نیز ثمربخش بوده است.

به علاوه، دانشجویان هنگام ابراز دیدگاهها، بدون در نظر گرفتن تفکرات سنتی، آزادند تا تفکرات و ایده‌های نوین خود را بیان کنند و این خود موجب افزایش اعتماد به نفس در آنان می‌شود.

#### مراجع

1. Teng, S.G., Schreiner, S. and Nelson, B.J., Teaching in the Factory, *Industry and Higher Education*, October 2001.
2. <http://edweb.sdsu.edu/crit/learningtree/Ltree.html>
3. Kjersdam, F. and Enemark, S., *The Aalborg Experiment – Project Innovation in University Education*, Aalborg University Press, 1994
4. Fink, F. K., Integration of Work Based Learning in Engineering Education, *FIE'01: Frontiers in Education Conference*, Reno, Nevada, October 2001.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۵/۴/۴)

(تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۵/۱۱/۸)

