



## آموزش مهندسی یکپارچه

یاددهی و یادگیری یکپارچه چیست؟ مهندسی یکپارچه کد/مست؟ یکپارچگی آموزش چگونه محقق می‌شود؟

### یادگیری یکپارچه

آموزش سنتی، از دیرباز بر تدریس مستقل موضوعات درسی، تمرکز داشته است. این در حالی است که دنیای واقعی به این صورت نیست و دنیای اطراف ما پر از چالش‌های پیچیده و با طبیعت بین‌رشته‌ای است. یادگیری یکپارچه<sup>1</sup> برنامه‌ای دستاوردمحور و منحصر به فرد است، که انعطاف‌پذیری زیادی را به مؤسسات آموزشی، برای عرضه بهترین روش‌های کسب تجربیات مناسب و مرتبط به دانشجویان، می‌دهد. در این الگوی آموزشی، مفاهیم و مهارت‌ها به صورت ترکیبی از چند حوزه یا موضوع درسی، به‌طور همزمان آموزش داده می‌شوند. در یادگیری یکپارچه فراگیر می‌تواند ارتباط بین موضوع‌های مختلف را درک کرده و آموخته‌های خود را در موقعیت‌های واقعی و پیچیده، به کار گیرد. ویژگی‌های کلیدی یاددهی-یادگیری یکپارچه را به نحو زیر می‌توان خلاصه کرد:

- ترکیب چند حوزه درسی، مثل ترکیب ریاضی با علوم، یا تاریخ با ادبیات؛
  - تمرکز بر مسائل دنیای واقعی، که اغلب به دانش چند حوزه مختلف نیاز دارند؛
  - تفکر بین‌رشته‌ای، که به یادگیرنده کمک می‌کند تا تفکر تحلیلی و ترکیبی داشته باشد؛
  - تقویت مهارت‌های آینده‌ساز، مانند تفکر انتقادی، همکاری، خلاقیت و ارتباط مؤثر.
- کاربرد یاددهی-یادگیری یکپارچه در مهندسی بسیار مهم و حیاتی است، زیرا مهندسان در دنیای واقعی، باید مسائل پیچیده‌ای را حل کنند که به دانش و مهارت‌هایی فراتر از یک رشته خاص نیاز دارد. در چنین شرایطی، آموزش مهندسی باید دانش‌آموختگان خود را با توانایی‌های زیر مجهز نمایند:
- **حل مسائل دنیای واقعی:** مسائل مهندسی مثل طراحی خودرو، توسعه سیستم‌های انرژی پاک یا ساخت پل، تنها با دانش یک حوزه، مثلاً فقط مکانیک، عمران یا برق، حل نمی‌شوند. یادگیری یکپارچه مهارت و دید چندرشته‌ای به فراگیران می‌دهد.
  - **پروژه‌های بین‌رشته‌ای:** مثل طراحی یک پهپاد نیاز به دانش رشته‌هایی مثل مهندسی مکانیک (آیرودینامیک)، برق (مدارها)، کامپیوتر (برنامه‌نویسی)، و حتی هوش مصنوعی دارد. مهندسان نیاز به کار در تیم‌های چندتخصصی دارند که یادگیری یکپارچه آن را آموزش می‌دهد.
  - **ترکیب مهندسی با علوم انسانی و اجتماعی:** طراحی و یا ساخت یک محصول بدون داشتن درکی از فرهنگ و روان‌شناسی کاربران، یا تأثیرات اجتماعی، ناقص است.
  - **آمادگی برای نوآوری و کارآفرینی:** یک مهندس کارآفرین و موفق باید از چرخه طراحی محصول تا مدل کسب‌وکار و ارتباط با بازار و مشتریان آگاهی داشته باشد. یادگیری یکپارچه به او کمک می‌کند فراتر از رشته تخصصی فنی خود فکر کند.

<sup>1</sup> Integrated Learning

• **بهبود ارتباطات و همکاری:** یک مهندس ممکن است در یک تیم با جامعه‌شناس، طراح صنعتی یا تحلیل‌گر داده‌ها کار کند. مهارت انتقال ایده‌ها، ارائه و هماهنگی بین‌رشته‌ای، از نتایج مهم یادگیری یکپارچه است.

یاددهی-یادگیری یکپارچه به صورت‌ها و با هدف‌های مختلفی، در آموزش مهندسی، به کار گرفته می‌شود. از آن جمله است: درس‌ها و برنامه‌های بین رشته‌ای که ترکیبی از چند زمینه مختلف بوده و دانشجویان می‌آموزند که برای تحلیل مسائل پیچیده، باید دیدی چند بعدی داشته باشند (مثل مدیریت سلامت، روانشناسی مهندسی، یا اقتصاد محیط‌زیست). زمینه دیگر، پژوهش‌ها و نوآوری‌های دانشگاهی است که اغلب نیازمند تلفیق دانش از حوزه‌های مختلف هستند. مثلاً در طراحی ربات‌های پزشکی، باید از پزشکی، مهندسی، برنامه‌نویسی و حتی اخلاق پزشکی بهره گرفت. هدف دیگر توسعه مهارت‌های بین‌رشته‌ای برای اشتغال است، زیرا بازار کار امروز به دنبال افرادی است که فقط در یک حوزه تخصص نداشته باشند، بلکه بتوانند در تیم‌های چندرشته‌ای، به نحو موثری فعالیت نمایند.

### مهندسی یکپارچه

امروزه، در کنار یاددهی - یادگیری یکپارچه، از مفهوم مهندسی یکپارچه نیز استفاده می‌شود. تفاوت مهندسی یکپارچه و یادگیری یکپارچه در هدف، حوزه کاربرد، و دامنه مفهومی آنهاست. اگرچه هر دو واژه به «یکپارچگی» اشاره دارند، اما در دو زمینه متفاوت مطرح می‌شوند (جدول ۱).

جدول ۱. مقایسه یادگیری و مهندسی یکپارچه

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>یادگیری یکپارچه</b> | روشی در آموزش عمومی و دانشگاهی است که در آن موضوعات مختلف درسی (مثل ریاضی، علوم، زبان، هنر)، به صورت درهم تنیده و در قالب یک تجربه یادگیری منسجم، آموزش داده می‌شوند. هدف یادگیری یکپارچه ایجاد درک عمیق‌تر و مرتبط‌تر در ذهن فراگیر (دانش‌آموز یا دانشجو)، و افزایش ارتباط بین دانش‌ها برای درک بهتر جهان پیرامون است. |
| <b>مهندسی یکپارچه</b>  | رویکردی در آموزش یا اجرای پروژه‌های مهندسی است که در آن چندین رشته مهندسی (مثل برق، مکانیک، کامپیوتر، و عمران) به صورت هماهنگ و ترکیبی، برای حل مسائل پیچیده به کار گرفته می‌شوند و هدف آن تربیت مهندسانی است که قادرند از دیدگاه‌های چندرشته‌ای استفاده کنند و مسائل واقعی را با رویکرد سیستمی حل نمایند.              |

مهندسی یکپارچه رویکردی میان‌رشته‌ای در مهندسی است که با ترکیب دانش، روش‌ها و فناوری‌های مختلف حوزه‌های گوناگون مهندسی، به حل مسائل پیچیده و چند وجهی می‌پردازد. این رویکرد، به‌ویژه در پروژه‌های صنعتی و آموزش مهندسی کاربرد دارد. در پروژه‌های صنعتی، مهندسی یکپارچه به معنای همکاری همزمان چندین رشته مهندسی مانند مکانیک، برق، عمران و شیمی برای طراحی و اجرای پروژه‌های بزرگ است. این همکاری با استفاده از ابزارهای دیجیتال انجام شده و به بهبود زمان‌بندی و کاهش هزینه‌ها کمک می‌کند. به‌کارگیری برنامه‌های مهندسی یکپارچه در آموزش مهندسی به دانشجویان امکان می‌دهد تا با ترکیب دو یا چند رشته مهندسی، مهارت‌های چندرشته‌ای کسب کنند. این برنامه‌ها با تمرکز بر یادگیری عملی و پروژه‌محور، دانشجویان را برای حل مسائل پیچیده دنیای واقعی، آماده می‌کنند. در مهندسی یکپارچه با ترکیب دانش‌های مختلف، مسائل چندوجهی به صورت جامع‌تری بررسی و حل می‌شوند. علاوه بر آن، هماهنگی بین رشته‌های مختلف منجر به کاهش دوباره کاری و افزایش کارایی و بهره‌وری می‌شود. و بالاخره، دانش‌آموختگان توانایی کار در محیط‌های پروژه‌محور و چندرشته‌ای را پیدا می‌کنند. در مجموع، مهندسی یکپارچه رویکردی راهبردی برای مواجهه با چالش‌های پیچیده در دنیای مهندسی مدرن است.

امروزه برنامه‌های آموزش مهندسی یکپارچه در بسیار از دانشگاه‌های پیشرو دنیا به کار گرفته شده است. به عنوان مثال، دانشگاه MIT آمریکا دوره‌ها و پروژه‌های بین‌رشته‌ای را ارائه می‌دهد (مثل برنامه Media Lab که ترکیبی از طراحی، مهندسی، روانشناسی و فناوری است). در این برنامه‌ها دانشجویان، در تیم‌هایی که اعضای آن از تخصص‌های مختلفی برخوردارند، روی پروژه‌های

واقعی کار می‌کنند. در دانشگاه استنفورد آمریکا دوره‌هایی مثل «مدرسه طراحی»<sup>۲</sup> به دانشجویان رشته‌های مختلف اجازه می‌دهد با هم به روی چالش‌های اجتماعی، فنی و انسانی کار کنند. تمرکز این برنامه بر تفکر طراحی و حل خلاقانه مسائل است. در دانشگاه فن‌آوری دلفت هلند نیز پروژه‌های بین‌رشته‌ای در مهندسی، طراحی، معماری و سیاست‌گذاری رایج بوده و دروس تلفیقی برای حل مسائل مثل انرژی پاک، حمل و نقل پایدار، یا آینده شهرها طراحی می‌شوند. ساخت خانه هوشمند (مهندسی برق، کامپیوتر، معماری، روانشناسی کاربر)، طراحی خودرو برقی (مکانیک، الکترونیک، انرژی، طراحی صنعتی، اقتصاد)؛ مهندسی پزشکی (مهندسی برق/مکانیک، زیست‌شناسی، پزشکی)؛ شهر هوشمند (مهندسی عمران، فناوری اطلاعات، محیط‌زیست، مدیریت شهری)، نمونه‌هایی از پروژه‌های مهندسی یکپارچه است (جدول ۲).

## جدول ۲. یک نمونه پروژه مهندسی یکپارچه

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>عنوان پروژه:</b> طراحی و اجرای یک گلخانه هوشمند کم مصرف                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>مقطع:</b> کارشناسی مهندسی (برق، کامپیوتر، مکانیک، کشاورزی – به صورت گروهی)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>مدت زمان اجرا:</b> ۸ تا ۱۲ هفته                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>هدف پروژه:</b> طراحی و ساخت نمونه اولیه یک گلخانه کوچک که بتواند با حداقل مصرف انرژی و آب، شرایط بهینه رشد برای گیاهان را به صورت خودکار فراهم کند.                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>رشته‌های درگیر و مسئولیت‌ها:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• مهندسی برق: طراحی و پیاده‌سازی سیستم حسگرها (رطوبت، نور، دما) و محرک‌ها (بادزن، پمپ، نور مصنوعی)</li><li>• مهندسی کامپیوتر IT: برنامه‌نویسی، توسعه نرم‌افزار مانیتورینگ و کنترل از راه دور</li><li>• مهندسی مکانیک: طراحی ساختار گلخانه، تهویه، و سازه بهینه با حداقل اتلاف انرژی</li><li>• مهندسی کشاورزی / منابع طبیعی: انتخاب گونه‌های گیاهی، شرایط رشد، و کنترل بیولوژیکی آفات</li></ul> |
| <b>خروجی‌های پروژه:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• ساخت یک نمونه گلخانه (ماکت یا واقعی و در ابعاد کوچک)</li><li>• اپلیکیشن یا داشبورد برای پایش وضعیت (مثلاً تحت وب یا موبایل)</li><li>• گزارش کامل مستندسازی (شامل طراحی مدار، نمودارها، داده‌ها، تحلیل مصرف)</li><li>• ارائه نهایی پروژه با پاورپوینت و ویدئوی عملیاتی پروژه</li></ul>                                                                                                        |
| در چنین پروژه‌هایی انواع مهارت‌های کلیدی مثل: کار تیمی و مدیریت پروژه، تفکر سیستمی و بین‌رشته‌ای، مهارت فنی (برق، برنامه‌نویسی، طراحی سازه)، و حل مسئله و تصمیم‌گیری در شرایط واقعی، تقویت می‌شود.                                                                                                                                                                                                                                   |

## آموزش مهندسی یکپارچه

انتخاب بستر مناسب برای پیاده‌سازی مهندسی یکپارچه از جمله چالش‌های طراحان آموزشی است. از جمله بسترهایی که امروزه در این زمینه به کار گرفته می‌شود می‌توان آبر چالش‌های مهندسی، استم (STEM) و توسعه پایدار را نام برد.

**الف) بستر آبر چالش‌های مهندسی:** در سال‌های آغازین قرن حاضر از یک گروه متفکران برجسته بین‌المللی در زمینه فناوری خواسته شد تا چالش‌های بزرگ مهندسی پیش رو، در قرن ۲۱ را شناسایی نمایند. نتیجه این نظرسنجی، که در سال ۲۰۰۸ توسط آکادمی مهندسی آمریکا اعلام شد، ۱۴ چالش عمده فناوری را، که غلبه بر آنها در قرن حاضر امکان‌پذیر است، به دست

داد. این ۱۴ چالش، چهار زمینه تاثیر گذار در بهبود زندگی در سیاره ما، یعنی: توسعه پایدار، سلامت، امنیت، و لذت از زندگی را در بر می گیرند. از جمله چالش های بزرگ مهندسی قرن ۲۱ می توان از انرژی پاک، دسترسی همگانی به آب سالم، مدیریت پسماند و آلودگی، پایداری محیط زیست و تغییر اقلیم، امنیت سایبری و حریم خصوصی، هوش مصنوعی و اخلاق داده ها، دسترسی جهانی به آموزش و سلامت، طراحی شهرهای هوشمند و پایدار را نام برد (جدول ۳).

جدول ۳. آبر چالش های مهندسی قرن ۲۱ (NAE 2008)

|                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ۱. اقتصادی کردن انرژی خورشیدی       | ۸. مهندسی داروهای بهتر              |
| ۲. تامین انرژی از گداحت هسته ای     | ۹. مهندسی معکوس مغز                 |
| ۳. توسعه روش های کاهش دی اکسید کربن | ۱۰. جلوگیری از تهدیدات هسته ای      |
| ۴. ساماندهی چرخه ازل                | ۱۱. ایمن سازی فضای مجازی            |
| ۵. امکان دسترسی به آب سالم          | ۱۲. بهبود واقعیت مجازی              |
| ۶. ترمیم و بهبود زیرساخت های شهری   | ۱۳. بهبود یادگیری فردی              |
| ۷. پیشرفت اطلاعات سلامت             | ۱۴. مهندسی ابزارها برای کشفیات علمی |

به دنبال گسترش پدیده جهانی شدن، همگرایی قابل توجهی در سطح بین المللی، در مورد آموزش مهندسی نیز ایجاد شده و مراکز آموزش مهندسی برنامه های خود را به گونه ای تغییر و اصلاح می کنند که دانش آموختگان آنها، توانایی ها و شایستگی های شناخته شده در سطح جهانی را به دست آورند. در همین راستا بررسی آبر چالش های مهندسی، در آموزش مهندسی نیز انعکاس یافت. مهندسان قرن ۲۱ دیگر تنها با طراحی قطعات یا حل مسائل فنی محدود، سروکار ندارند. آنها باید درگیر حل مسائل پیچیده جهانی باشند. از جمله این توانایی ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- **بین رشته ای بودن:** چالش های مهندسی فقط فنی نیستند. به عنوان مثال، طراحی یک سیستم انرژی خورشیدی نیازمند مهندسی، اقتصاد، سیاست گذاری و جامعه شناسی است. یادگیری یکپارچه دقیقاً برای ایجاد چنین آمادگی، طراحی شده است.
- **تفکر سیستمی و کل نگر:** روش در نظر گرفته شده برای حل یک مشکل، باید تأثیرات آن بر بخش های دیگر سیستم را نیز در نظر بگیرد؛ به عنوان مثال، تامین انرژی نباید به تخریب محیط زیست منجر شود. یادگیری یکپارچه این نگرش سیستمی را تقویت می کند.
- **همکاری تیمی چندرشته ای:** تیم های آینده از مهندس، روان شناس، طراح صنعتی، اقتصاددان، و پزشک تشکیل شده و مهندس باید بتواند با همه آنها تعامل مؤثر داشته باشد.
- **حل مسئله در شرایط عدم قطعیت:** خیلی از چالش های جهانی هنوز داده کامل ندارند (مثل تغییر اقلیم یا رفتار بازار). یادگیری یکپارچه دانشجو را با تفکر انتقادی، خلاقیت و سازگاری تجهیز می کند.
- **ارزش محور بودن تصمیم ها:** چالش هایی مثل «هوش مصنوعی در سلامت» فقط فنی نیستند، بلکه امری اخلاقی و اجتماعی اند. یادگیری یکپارچه زمینه را برای درک ارزش ها و مسئولیت مهندسی فراهم می سازد.

با در نظر گرفتن نکات فوق، یک برنامه آموزشی مهندسی یکپارچه، باید به دنبال دستیابی به شایستگی هایی باشد که دانشجویان را برای پرداختن به چالش های بزرگ پیش روی مهندسی در قرن حاضر، آماده ساخته و آنها را در انتخاب آینده تحصیلی و

حرفه‌ای، خود یاری کند. دانش‌آموختگان این دوره‌ها، «پژوهشگران ابرچالش‌ها»<sup>۳</sup>، نام گرفته‌اند. تربیت پژوهشگران ابرچالش‌ها توسط یک برنامه آموزشی مستقل، و یا توسط گرایشی از برنامه‌های کارشناسی مهندسی موجود، صورت می‌گیرد. همه این برنامه‌ها، با وجود تفاوت‌هایی که با هم دارند، به دنبال توسعه پنج توانایی در دانشجویان مهندسی هستند:

۱. پژوهش: تجربه پژوهش خلاقانه یا انجام پروژه نظارت شده مرتبط با یک ابر چالش مهندسی، به منظور ارتقای شایستگی فنی.
۲. چند رشته‌ای: درک تجربی ویژگی بین‌رشته‌ای راه حل‌های قابل اجرا، برای چالش‌های بزرگ مهندسی.
۳. کارآفرینی: مجموعه‌ای از مهارت‌ها که فرد را قادر می‌سازد تا فرصت‌ها را شناسایی کرده و حداکثر استفاده را از آنها ببرد، همچنین بر شکست‌ها غلبه کرده و از آنها درس بگیرد، تا بتواند در شرایط مختلف موفق شود.
۴. چند فرهنگی: توسعه آگاهی‌های چندفرهنگی و دیدگاه جهانی در فراگیران، برای بررسی چالش‌های بزرگ مهندسی.
۵. آگاهی اجتماعی: پژوهشگران ابرچالش‌ها این درک را به دست می‌آورند که راه‌حل‌های مهندسی باید در درجه اول در

خدمت مردم و جامعه باشد

در جدول ۴ نمونه‌هایی از پروژه‌های آموزش یکپارچه ابر چالش‌های مهندسی، فراهم آمده است.

جدول ۴. نمونه‌هایی از پروژه‌های یادگیری یکپارچه ابر چالش‌های مهندسی

| چالش بزرگ مهندسی                        | پروژه یادگیری یکپارچه                                     | ترکیب رشته‌ها                                               |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| تأمین انرژی از منابع پایدار             | طراحی سیستم خورشیدی برای مناطق روستایی                    | مهندسی برق، محیط‌زیست، اقتصاد انرژی                         |
| مدیریت چرخه آب (آب پاک برای همه)        | تحلیل بحران آب ایران یا کشورهای کم‌آب                     | مهندسی عمران، کشاورزی، سیاست عمومی، فناوری حسگرها           |
| مقابله با تغییر اقلیم و توسعه پایدار    | طراحی خانه‌های مقاوم با مصرف انرژی صفر                    | معماری، مکانیک، محیط‌زیست، اقتصاد رفتاری                    |
| باز یافت و کاهش پسماند                  | طراحی سیستم هوشمند تفکیک زباله شهری                       | مهندسی مکانیک، IT، طراحی صنعتی، جامعه‌شناسی                 |
| افزایش امنیت سایبری                     | سناریوی نفوذ و دفاع در زیرساخت‌های حیاتی (مثل نیروگاه‌ها) | مهندسی کامپیوتر، حقوق سایبری، روان‌شناسی رفتار کاربران      |
| پیشبرد پزشکی شخصی‌سازی‌شده              | طراحی سیستم هوشمند پایش بیماران در خانه                   | مهندسی پزشکی، هوش مصنوعی، اخلاق پزشکی                       |
| آموزش برای همه از طریق فناوری           | طراحی پلتفرم یادگیری دیجیتال برای مناطق محروم             | نرم‌افزار، طراحی تجربه کاربر، آموزش و جامعه‌شناسی           |
| ساخت زیرساخت‌های هوشمند (شهرهای هوشمند) | طراحی سیستم هوشمند کنترل ترافیک یا نور خیابان‌ها          | مهندسی برق، GIS، علوم داده، سیاست شهری                      |
| واقعیت مجازی برای آموزش و طراحی         | شبیه‌ساز ایمنی کارگاه صنعتی با واقعیت مجازی               | مهندسی صنایع، گرافیک رایانه‌ای، روان‌شناسی شناختی           |
| رباتیک و اتوماسیون برای زندگی روزمره    | طراحی ربات خدماتی برای سالمندان                           | مکانیک، کنترل، روان‌شناسی سالمندان، طراحی تعامل انسان-ماشین |

## ب) بستر آموزشِ اِستم<sup>۴</sup>

در ابتدای قرن حاضر اقبال به آموزش فنی و مهندسی در آمریکای شمالی، به شدت کاهش یافت. برای مقابله با این امر، فرهنگستان مهندسی آمریکا (NAE 2009)، پیشنهاد «آموزش مهندسی از کودکان تا دانشگاه» را، با هدف بهبود یادگیری علوم و ریاضیات، ارتقای سواد فن‌آوری، افزایش آگاهی از مهندسی و نقش مهندسان، و ترغیب جوانان به انتخاب مهندسی به عنوان شغل آینده، عرضه کرد. این امر از طریق تقویت علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات در فراگیران، صورت می‌گیرد. در سال‌های اخیر آموزش هنر نیز به این مجموعه افزوده شده است.<sup>۵</sup> امروزه مشخص شده که آموزش یکپارچه، به دلایلی مختلف، روشی مناسب برای توسعه علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات در فراگیران است:

- **ماهیت بین‌رشته‌ای اِستم:** بسیاری از مسائل علمی و مهندسی نیاز به تلفیق همزمان چند حوزه دارند (مثلاً، طراحی یک ربات = مکانیک + برنامه‌نویسی + فیزیک + ریاضی).
- **یادگیری معنادار و کاربردی:** با یکپارچه‌سازی دروس در قالب پروژه واقعی، فراگیر می‌بیند که یادگیری چگونه به حل مسائل واقعی منجر می‌شود (مثلاً: ساخت یک گلخانه خودکار یا پل مقاوم در برابر زلزله).
- **پرورش مهارت‌های قرن ۲۱:** تفکر انتقادی، همکاری تیمی، خلاقیت، سواد داده، و ارتباطات مؤثر، تنها در بستر یکپارچه‌سازی یادگیری امکان رشد دارند.
- **افزایش انگیزه و درگیری ذهنی:** دانش‌آموزان معمولاً در فعالیتهای پروژه‌محور یکپارچه درگیرتر، مشتاق‌تر و خلاق‌تر می‌شوند.

یادگیری یکپارچه، پایه و بستر اصلی برای اجرای مؤثر آموزشِ اِستم است (جدول ۵). بدون پیوند بین مفاهیم علمی و کاربردهای واقعی، آموزشِ اِستم صرفاً به آموزش چند درس جداگانه محدود می‌شود.

### جدول ۵. یک نمونه بسته آموزش یکپارچه اِستم، برای دوره کارشناسی مهندسی

عنوان پروژه: طراحی سامانه مدیریت هوشمند مصرف انرژی در ساختمان

هدف‌های یادگیری: دانشجویان پس از گذراندن این دوره قادر خواهند بود:

۱. اصول مهندسی برق و اتوماسیون را در طراحی سیستم واقعی به کارگیرند.
۲. تحلیل انرژی و بهینه‌سازی مصرف را بر پایه داده‌های واقعی انجام دهند.
۳. با تفکر طراحی مهندسی و نگاه سیستمی پروژه‌های بین‌رشته‌ای را هدایت کنند.
۴. با تیمی متشکل از افراد با تخصص‌های مختلف همکاری کنند.
۵. ملاحظات زیست‌محیطی، اقتصادی و اخلاقی را در طراحی لحاظ کنند.

### ساختار دوره طراحی سامانه مدیریت هوشمند مصرف انرژی در ساختمان

| هفته | فعالیت                                      | حوزه‌های درگیر آموزشِ اِستم |
|------|---------------------------------------------|-----------------------------|
| ۱-۲  | آشنایی با چالش مصرف انرژی در ساختمان‌ها     | علوم، مهندسی                |
| ۳-۴  | آموزش سنسورها، میکروکنترلرها، جمع‌آوری داده | فناوری، مهندسی              |
| ۵-۶  | تحلیل داده انرژی با اکسل و پایتون           | ریاضی، فناوری               |

<sup>۴</sup> STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematics)

<sup>۵</sup> STEAM

|      |                                                    |                                      |
|------|----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| ۷-۸  | طراحی مدل مفهومی سیستم هوشمند                      | مهندسی، طراحی سیستمی                 |
| ۹-۱۰ | پیاپی سازی نمونه اولیه (مثلاً با Arduino و حسگرها) | مهندسی، فناوری                       |
| ۱۱   | بررسی اقتصادی و تأثیرات زیست محیطی سیستم           | علوم، مهندسی، اقتصاد                 |
| ۱۲   | مهارت های نرم، اِستم یکپارچه                       | ارائه نهایی پروژه با مستندات و ویدئو |

خروجی های مورد انتظار:

- مدارک طراحی سیستم (نمودار، توضیحات فنی، ...)
- نمونه اولیه، یا شبیه سازی دیجیتال سیستم
- گزارش تحلیلی (شامل مصرف، هزینه، بازده)
- ارائه نهایی گروهی

با گذراندن این دوره توانایی های متنوعی چون طراحی بین رشته ای، مهارت های داده محور و تحلیلی، برنامه نویسی (Python, C++)، مهارت کار تیمی و ارائه حرفه ای، و درک پایداری و مسئولیت پذیری مهندسی، در فراگیران تقویت می شود. این دوره مناسب برای دانشجویان مهندسی: برق، مکانیک، کامپیوتر، صنایع، و عمران است.

### ج) بستر توسعه پایدار

آموزش یکپارچه در بسترهای دیگری نیز امکان پذیر است. به عنوان مثال می توان دستور کار سازمان ملل متحد برای توسعه پایدار، با عنوان «دگرگون ساختن جهان ما» را نام برد. این دستور کار که در سپتامبر ۲۰۱۵ به تصویب رسید شامل ۱۷ هدف اصلی و ۱۶۹ هدف ویژه است که نقشه راه جامعه بین المللی را در زمینه توسعه پایدار، برای یک دوره ۱۵ ساله (بین سال های ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۰ میلادی) را ترسیم می کند (شکل ۱)



شکل ۱. اهداف اصلی دستور کار سازمان ملل برای توسعه پایدار (۲۰۳۰-۲۰۱۵) (UN 2015)

### چالش های آموزش مهندسی یکپارچه

آموزش مهندسی یکپارچه با وجود مزایای بسیار، با چالش های متعددی نیز روبه رو است. این چالش ها هم در سطح برنامه ریزی و اجرا و هم در سطح دانشجو و استاد دیده می شود. از جمله این چالش ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- **کمبود اساتید چندرشته‌ای:** اکثر اساتید در یک حوزه خاص تخصص دارند. آموزش دروس یکپارچه نیازمند استادانی است که توانایی تدریس میان‌رشته‌ای (مثلاً ترکیب برق و مکانیک) داشته باشند یا وجود تیم تدریسی هماهنگ.
  - **طراحی برنامه درسی پیچیده:** ترکیب مؤثر رشته‌های مختلف در یک برنامه درسی منسجم بسیار دشوار است و نیاز به توازن بین عمق تخصص و گستردگی میان‌رشته‌ای وجود دارد.
  - **دشواری ارزیابی عملکرد:** ارزیابی پروژه‌های تیمی یا میان‌رشته‌ای کار ساده‌ای نیست، زیرا اغلب معیارهای سنتی امتحان یا نمره‌دهی برای آن‌ها مناسب نیست.
  - **بار کاری سنگین برای دانشجویان:** دانشجویان باید مهارت‌های چندرشته‌ای یاد بگیرند که زمان‌بر است و فشار زیادی از نظر حجم مطالعه، پروژه و کار تیمی به همراه دارد.
  - **مقاومت در برابر تغییرات سنتی:** دانشگاه‌ها، اعضای هیئت علمی، و حتی دانشجویان ممکن است در برابر تغییر به سمت آموزش میان‌رشته‌ای مقاومت نشان دهند. بسیاری ترجیح می‌دهند مسیر تخصصی متداول و سنتی را دنبال کنند.
  - **کمبود منابع و زیرساخت:** برای اجرای موفق برنامه‌های یکپارچه نیاز به آزمایشگاه‌های مشترک، نرم‌افزارهای چندمنظوره و فضای کار گروهی است که همیشه در دسترس نیست.
  - **دشواری همکاری بین‌رشته‌ای:** دانشجویان از رشته‌های مختلف ممکن است زبان علمی یا دیدگاه‌های متفاوتی داشته باشند، که کار گروهی را دشوار می‌کند مگر اینکه به‌خوبی هدایت شوند.
  - **نبود چارچوب‌های استاندارد:** هنوز چارچوب یا مدل استاندارد جهانی برای طراحی و اجرای برنامه‌های مهندسی یکپارچه وجود ندارد و دانشگاه‌ها هر کدام مسیر جداگانه‌ای را می‌پیمایند.
- آموزش اساتید برای همکاری میان‌رشته‌ای، تعریف پروژه‌های واقعی با همکاری صنعت، ایجاد کارگاه‌ها و فضاهای کار مشترک، طراحی سیستم‌های ارزیابی تیمی و فرآیندمحور، و افزایش تعامل بین رشته‌ها، از سال اول تحصیل؛ از جمله راه‌حل‌هایی است که برای کاهش این چالش‌ها می‌توان پیشنهاد کرد.

## برای مطالعه بیشتر

Anderson J. & Li Y. (2020). Integrated Approaches to STEM Education: An International Perspective (Advances in STEM Education), Springer, 1022 pages.

Conner L.N. (2021) Integrating STEM in Higher Education: Addressing Global Issues. Routledge, 188 pages.

Johnson C.C. et.al. (2021). STEM Road Map 2.0: A Framework for Integrated STEM Education in the Innovation Age, Routledge, 380 pages.

Karstina, S.G. (2025). [Application of Integrated Learning Technologies in Engineering Training](#). In: Auer, M.E., Rüttemann, T. (eds) Futureproofing Engineering Education for Global Responsibility. ICL 2024. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1260. Springer, Cham.

NAE 2017. [Grand Challenges for Engineering](#), National Academy of Engineering, 54 pp.

UN (2015) [Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development](#). United Nations Department of Economic and Social Affairs, Sustainable Development.

Van den Beemt A. et.al. (2020) Interdisciplinary engineering education: A review of vision, teaching, and support. <https://doi.org/10.1002/jee.20347>

دکتر حسین معماریان

بهار ۱۴۰۴