

جایگاه تفکر خلاق در آموزش مهندسی ایران

حسین معاریان^۱

چکیده: تعاریف مختلفی برای خلاقیت ارائه شده است، ولی نظر غالب خلاقیت را تولید چیزی می‌داند که هم بدیع و هم با ارزش باشد و این در واقع، هدف اصلی مهندسان در طراحی یا همان اوج فعالیت‌های مهندسی است. پژوهش‌ها نشان داده است که خلاقیت به‌مواردی چون سن، معلومات و هوش فرد بستگی زیادی ندارد و همه می‌توانند خلاق باشند، به شرط آنکه شرایط موجود باشد و افراد نیز به این امر باور داشته باشند. بدیهی است که در مسیر یک فرایند خلاق موانعی نیز ممکن است وجود داشته باشد. تأکید آموزش سنتی بیش از همه بر توسعه تفکر همگرا یا نقاد در فراگیران است. در اثر تحولی که در روش‌های یاددهی - یادگیری در چند دهه اخیر صورت گرفته، توسعه تفکر واگرا یا خلاق در فراگیران به تدریج اهمیت بیشتری یافته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در آموزش مهندسی ایران بیشتر بر تفکر نقاد تأکید می‌شود و توسعه تفکر خلاق در دانشجویان اهمیت کمتری دارد. این در حالی است که تفکر خلاق نقش انکارناپذیری در طراحی مهندسی، که اوج فعالیت‌های مهندسان است، دارد. در این مقاله ضمن مرور برداشتهای مختلفی که از خلاقیت فردی و گروهی وجود دارد، با در نظر گرفتن تجربه‌های نوین جهانی در زمینه فرایند یاددهی - یادگیری، پیشنهادهایی برای توجه بیشتر به تفکر خلاق در آموزش مهندسی ایران و همچنین، روشهایی برای برانگیختن خلاقیت در دانشجویان مهندسی کشور ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: خلاقیت، آموزش مهندسی، طراحی مهندسی، تفکر نقاد و همگرا، تفکر خلاق و واگرا، ایران.

۱. استاد مهندسی زمین، دانشگاه تهران، تهران، ایران. memarian@ut.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۳/۶)

(پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۲/۶)

۱. مقدمه

طراحی اوج فعالیتهای مهندسی و خلاقیت رکن اصلی طراحی است. طراحی مهندسی کاربرد خلاقانه دانش فنی برای دستیابی به اهداف ارزشمند است. طراحی مهندسی نیز به اندازه طراحی هنری خلاقانه است، با این تفاوت که در طراحی مهندسی به آگاهی از علوم، ریاضیات و فناوری نیاز هست و علاوه بر آن، در جهت تأمین رفاه بیشتر برای نوع بشر است. طراحی مهندسی منبع ایده‌ها، طرحها و محصولاتی است که از صنایع ساخت و تولید سالم حمایت می‌کنند.

امروزه، پژوهشهای مربوط به خلاقیت^۱ و نقش آن در پیشبرد جوامع ابعادی وسیع و جهانی یافته است. برای مثال، "خلاقیت در آموزش عالی" پروژه‌ای است که طی سالهای ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ میلادی انجمن دانشگاههای اروپا آن را انجام داده است. بدین منظور، ۳۲ مرکز آموزش عالی اروپایی از ۲۱ کشور این قاره گرد هم آمدند و دیدگاهها، یافته‌ها و پیشنهادهای بدست آمده از بررسیهای خود را به جامعه اروپا عرضه کردند. حاصل بررسیهای این پروژه ارائه پیشنهادهای اجرایی به مراکز آموزش عالی، سازمانهای ارزشیابی، دولتها و دیگر طرفهای ذی‌نفع در زمینه ارتقای سطح خلاقیت در آموزش عالی اروپا بوده است [۱]. در یافته‌های این پروژه به ضرورت توجه بیشتر به خلاقیت، به عنوان پیش‌نیازی برای رسیدن به جامعه دانش محور، اشاره شده است. به نظر تهیه کنندگان این گزارش امروزه، جوامع با تغییرات پیچیده و سریعی که تمام وجوه زندگی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، رو به رو هستند. در این شرایط خلاقیت از یک سو عاملی کلیدی برای توجه مناسب به چالشهایی است که با این تغییرات ایجاد می‌شود و از سوی دیگر، نیروی محرکی برای خلق دانش و پیشرفت اقتصادی - اجتماعی از طریق توسعه یک جامعه دانش‌محور است. با وجود توجه زیادی که در سالهای اخیر به‌وجوه مختلف خلاقیت صورت گرفته، توجه نسبتاً کمتری به روشهای توسعه خلاقیت و نوآوری در محیطهای دانشگاهی معطوف شده است و این امری است که توجه به آن نقش مهمی در توسعه جامعه دانش محور دارد. برای حرکت به سوی جامعه و اقتصاد دانش‌محور، دانشگاهها، به‌عنوان مراکز خلق دانش، به‌همراه دولت و دیگر مراکز ذی‌ربط باید بیشتر به خلاقیت توجه کنند. این پروژه در پایان به این نتیجه رسیده است که اگر اروپا نتواند خلاقیت را در آموزش عالی خود تقویت کند، دستیابی این قاره به جامعه دانش‌محور زیر سؤال خواهد رفت [۱].

خلاقیت ابعاد متفاوتی دارد و تعریف آن با توجه به چارچوب و قالب بررسی متفاوت است. برای مثال، باید بین خلاقیت به‌عنوان یک فرایند ذهنی و خلاقیت به‌معنای دستاورد آن فرایند تفاوت قایل شد. این دو وجه خلاقیت از این نظر با هم تفاوت دارند که ایده‌ها یا اعمال خلاقانه همواره به نتایج خلاقانه منجر نمی‌شوند. از سوی دیگر، دستاوردهای خلاقانه نیز الزاماً بر فرایندی خلاقانه متکی

نیستند. با وجود این، هر دو بعد از خلاقیت باید به صورت همراه با هم مورد توجه قرار گیرند. علاوه بر آن، باید ابعاد زیر از خلاقیت را نیز از هم تفکیک کرد [۱]:

- خلاقیت فردی: به خلاقیت افراد مثلاً دانشجویان یا استادان می پردازد؛
- خلاقیت گروهی: به خلاقیت یک جمع مربوط می شود و به برقراری ارتباط موفق، درک متقابل و همکاری پرتنوع توجه دارد؛

- خلاقیت سازمانی: به شرایطی که به ارتقای سازمانهای خلاق منجر می شود توجه دارد.

برای تعیین علایم بروز خلاقیت در یک فرد، گروه یا سازمان باید به چند سؤال پاسخ داده شود: چه زمانی متوجه می شویم که فرایند خلاق صورت گرفته است؟ چگونه یک دستورالعمل خلاق را شناسایی می کنیم؟ چه فعالیتهایی در یک مؤسسه محیط مناسبی برای فرایندهای خلاقانه ایجاد می کند؟ فرضیاتی که در باره خلاقیت ارائه شده است، به ویژه بررسی این مسئله که چرا برخی از افراد خلاق تر از دیگران هستند، بر وجوه مختلفی تأکید دارد که از این میان چهار عامل اصلی زیر شناخته شده است:

- فرایند خلاق: در این فرایند بر توصیف سازکارها و روشهای تفکر خلاق تأکید می شود. تئوریهای اصلی فرایند خلاق بر تفکر واگر تأکید دارند یا مراحل خلاقیت را توصیف می کنند؛

- محصول خلاقیت: این امر بیشتر بر روشهای اندازه گیری خلاقیت متمرکز است؛
- فرد خلاق: طبیعت فرد خلاق، عادات فکری مثل باز بودن، سطح افکار، تجربه، رفتار کاوشگرانه و مانند آن را در نظر می گیرد؛
- موقعیت خلاق: بر شرایطی که خلاقیت در آن شکوفا می شود، مثل میزان دسترسی به منابع، شیوه زندگی و انعطاف پذیری تمرکز دارد.

فعالیتهای خلاقانه بشر همه در یک سطح نیست و از ارزش مساوی نیز برخوردار نیستند. کوششهای چندی برای طبقه بندی اهمیت خلاقیتها صورت گرفته است. در یک بررسی مدلی چهار سطحی (خرد، کوچک، متوسط و بزرگ) برای خلاقیت ارائه شده است که در آن خلاقیت خرد دارای کمترین و خلاقیت بزرگ یا کلان دارای بیشترین ارزش یا اهمیت است [۲]. در این مقاله به دنبال معرفی انواع تفکر و ارائه تعریفی برای خلاقیت و ویژگیهای افراد خلاق، موانع بروز خلاقیت و روشهایی برای توسعه تفکر خلاق در دانشجویان مهندسی عرضه شده است.

۲. خلاقیت چیست؟

همانند دیگر پدیده‌ها در علم یک دیدگاه یا تعریف یگانه از خلاقیت وجود ندارد. گروهی خلاقیت را به‌کارگیری تواناییهای ذهنی برای ایجاد یا تبلور یک فکر یا مفهوم جدید می‌دانند. گروهی دیگر خلاقیت را ترکیب ایده‌ها یا ایجاد پیوستگی بین ایده‌ها می‌دانند. در فرهنگ لغات وبستر خلاقیت توانایی تولید چیزی نو مثل یک راه حل تازه برای یک مسئله، یک روش یا وسیله تازه یا یک شکل یا ساختار هنرمندانه با بهره‌جستن از قدرت تخیل تعریف شده است [۳]. بیشتر مردم خلاقیت را به‌رشته‌های مختلف هنر و ادبیات مربوط می‌دانند. در این رشته‌ها اصالت و بدیع بودن شرط کافی برای خلاقیت در نظر گرفته می‌شود و این برخلاف رشته‌هایی مثل مهندسی است که علاوه بر اصالت، مناسب بودن نیز به‌عنوان شرط لازم خلاقیت در نظر گرفته می‌شود [۴]. همه کسانی که در محدوده علوم و مهندسی خلاقیت را بررسی کرده‌اند، بر این باورند که برای اینکه چیزی خلاقانه باشد فقط کافی نیست که بدیع باشد، بلکه باید ارزش هم داشته باشد یا اینکه متناسب با نیازها و شرایط باشد [۵]. پس می‌توان گفت که خلاقیت به تولید چیزی اطلاق می‌شود که هم اصیل و هم ارزشمند باشد [۶].

فرد برای خلاق بودن نیاز دارد که به‌مسائل به‌گونه‌ای تازه یا با زاویه‌ای متفاوت بنگرد. علاوه بر آن، لازم است وی توانایی تولید امکانات و گزینه‌های تازه را داشته باشد. در زندگی همه ما به‌دفعات این اتفاق افتاده است که در حل یک مسئله به بن‌بست برسیم و با تمام کوششی که می‌کنیم، نتوانیم راه‌حلی منطقی برای آن بیابیم. از سوی دیگر، گاه به مسائلی برخورد می‌کنیم که در نظر اول پاسخ ساده‌ای دارند، ولی با کمی دقت و البته، با نگاه متفاوت به آن متوجه می‌شویم که پاسخ آن چنان که در نگاه اول نشان می‌دهد، ساده نیست. در این‌گونه موارد یکی از راه‌های محتمل برای مقابله با مشکل رها کردن مسیر بررسیها و نگاه کردن به مسئله از زاویه‌ای کاملاً متفاوت است. این روش مواجهه با مسائل را تفکر جانبی نام داده‌اند. مفهوم تفکر جانبی^۱ (تفکر موازی^۲ یا تفکر متفاوت) را اولین بار در سال ۱۹۶۷ میلادی ادوارد بونو^۳ مطرح کرد. بونو این مفهوم را به چند صورت مختلف معرفی کرده است. او بر این باور است که خلاقیت مستلزم برهم زدن طرح‌های تثبیت شده برای نگاه کردن به مسائل از زاویه‌ای دیگر است. به نظر وی تفکر خلاق زمانی تولید می‌شود که شخص پیشفرضها را کنار گذاشته و دیدگاهی جدید را جست و جو کند که دیگران به آن نپرداخته‌اند. طراحی اوج فعالیت‌های مهندسی است و طراحی موفق بیش از همه متکی به خلاقیت مهندسان است. در طی فرایند طراحی گاه به بن‌بست می‌رسیم یا با پرسشهایی مواجه می‌شویم که با روشهای

-
1. Lateral Thinking
 2. Parallel Thinking
 3. Edward De Bono

متعارف پاسخی برای آنها متصور نیست. در چنین مواردی باید به‌طور موقت مسیر رفته را به‌کناری بگذاریم و سپس، به‌صورتی متفاوت و از زاویه‌ای دیگر به‌مسئله نگاه کنیم. تفکر متفاوت ممکن است بتواند مسیر تازه‌ای را به روی ما بگشاید. موفقیت در تفکر متفاوت مستلزم داشتن جسارت در بازنگری روشهای سنتی و مرسوم و به دنبال آن نگاه خلاقانه به مسئله است.

امروزه، خلاقیت هسته فعالیتهای یک بخش رو به رشد از اقتصاد جهانی را که صنعت خلاق نام گرفته است، تشکیل می‌دهد. اعضای صنعت خلاق؛ یعنی مهندسان خلاق باید بتوانند داده‌ها و اطلاعات موجود را موشکافانه بررسی و راه‌حلهای بدیعی را برای مسائل پیش‌رو یا طراحی و تولید محصولات جدید پیشنهاد کنند. حرفه مهندسی به این نیاز دارد که شاغلان آن مسائل را به‌طور فردی یا گروهی شناسایی، ارزیابی و حل کنند. مهندسان باید بتوانند تفکر خلاقانه را در روشهای حل مسئله خود نشان دهند. خلاصه اینکه مهندسان امروزه بیش از هر زمان دیگری نیاز به تفکر خلاق دارند [۷].

۳. ویژگیهای افراد خلاق

هر کس به‌طور ذاتی دارای درجه‌ای از خلاقیت است، گرچه این توانایی در برخی افراد بیشتر است [۸]. چه خصوصیت کلیدی موجب می‌شود که فردی خلاق باشد؟ رابطه خلاقیت با معلومات، سن، تجربه و هوش چیست؟ واضح است که یک فرد خلاق به دانش کافی برای درک ایده‌ها و مرتبط کردن آنها با یکدیگر احتیاج دارد. این در حالی است که بسیاری از افراد خلاق دارای سواد کم و بی‌بهره از دانش کافی بوده‌اند. پس داشتن اطلاعات نیز خصوصیت کلیدی نیست. تجربه و سن هم می‌تواند مهم باشد، چون افراد با تجربه و مسن‌تر با مشکلات بیشتری مواجه شده و آنها را حل کرده‌اند. ولی همه ما با افراد با تجربه و مسنی روبه‌رو شده‌ایم که بسیار ساکن هستند و از خلاقیت و نوآوری بی‌بهره بوده‌اند. همین بحث در باره خصوصیات فردی نیز صادق است. افرادی که ذهن خود را به درستی ساماندهی کرده‌اند، بازدهی بیشتری دارند، ولی به‌طور حتم خلاق نیستند. بسیاری از دوستان بسیار خلاق ما زندگی نامرتبی دارند، ولی این نابسامانی بی‌شک خصوصیت کلیدی خلاقیت محسوب نمی‌شود [۸]. مطالعات نشان داده است که هوش نیز همبستگی کمی با خلاقیت دارد، از این رو، یک فرد به شدت با هوش ممکن است خیلی خلاق نباشد [۳، ۹ و ۱۰].

تحقیقی که روانشناسان خیره در یک شرکت نفتی انجام داده‌اند، این نتیجه ساده را در بر داشته است که "افراد خلاق باور داشته‌اند که خلاق هستند" و برعکس، افرادی که از خلاقیت کمتری بهره‌مند هستند، به‌هیچ وجه باور ندارند که خلاق هستند [۱۱]؛ به‌عبارت دیگر، افرادی که باور دارند خلاق هستند، به‌طور ناخودآگاه ایده‌های خلاقانه خود را ترغیب می‌کنند و در مقابل، افرادی که خلاقیت خود را باور ندارند، ایده‌های خلاقانه خود را سرکوب می‌کنند. کلید خلاقیت در واقع،

علاقه‌مندی به آن است. از این رو، یک دانشجو یا دانش‌آموخته مهندسی دانش و توانایی لازم را برای اینکه خلاق باشد، در اختیار دارد و عامل مهم دیگر را که تجربه است، می‌تواند در طول زمان به دست آورد. مهم‌ترین مسئله این است که بخواهیم خلاق باشیم و اگر می‌خواهیم که خلاق باشیم و فکر می‌کنیم که هستیم، پس بی‌شک فرد خلاق هستیم.

۴. خلاقیت و تفکر

تفکر عملی ذهنی است و زمانی مطرح می‌شود که انسان با مسئله‌ای مواجه است و خواستار حل آن است. در این هنگام در ذهن تلاشی برای حل مسئله آغاز می‌شود که این تلاش ذهنی را تفکر می‌نامند. فعالیت برای حل مسئله از مراحل تشکیل شده است که از تعریف مسئله به‌طور شفاف، روشن و ملموس آغاز می‌شود و با پیدا کردن راه‌حلهایی برای حل مسئله ادامه می‌یابد و با به‌کارگیری عملی بهترین راه حل و یافتن جواب نهایی به‌پایان می‌رسد.

انواع مهارت‌های فکری بشر به صورتهای مختلف تعریف شده است. از این میان، دو نوع تفکر نقاد و تفکر خلاق امروزه بیش از همه مورد بحث قرار گرفته‌اند. به اعتقاد گیلفورد، روانشناس معروف آمریکایی، افراد به دو شیوه همگرا و واگرا تفکر می‌کنند. تفکر نقاد نوعی تفکر همگرا و تفکر خلاق نیز نوعی تفکر واگراست. در تفکر همگرا نتیجه تفکر از قبل معلوم است؛ یعنی همیشه یک جواب (درست یا غلط) وجود دارد. ولی در تفکر واگرا جواب قطعی وجود ندارد و به‌جای آن تعداد زیادی پاسخ وجود دارد که هر کدام از آنها از نظر منطقی ممکن است به‌گونه‌ای درست باشند [۱۲].

۵. خلاقیت و تفکر واگرا

یکی از مؤلفه‌های مهم خلاقیت تفکر واگرا^۱ است. تفکر واگرا در واقع، روش تولید ایده‌های بیشتر و باز هم بیشتر از یک مسئله یا ایده اولیه است. تفکر واگرا به تولید راه‌حلهای یا پاسخهای محتمل یا عرضه ایده‌های متعدد برای یک مسئله یا سؤال، با توجه به اطلاعات موجود، منجر می‌شود. تفکر واگرا با چهار ویژگی زیر شناخته می‌شود [۱۳]:

- روان بودن یا توانایی تولید پاسخها و ایده‌های متعدد. موفقیت در این قسمت مستلزم کسب مهارت در روش توفان ذهن و تأکید بر افزایش تعداد پاسخهاست؛
- انعطاف پذیری یا توانایی تغییر در دیدگاه. فرد منعطف قادر است ایده‌های متفاوتی را از دیدگاهی تازه تولید کند.

- اصالت یا توانایی تولید پاسخهای غیرمعمول یا بدیع. برای موفقیت در این قسمت فرد باید تخیل جسورانه داشته باشد و ریسک شناسایی و توجیه نوآوری را بپذیرد؛
- پیچیدگی یا توانایی تدوین جزئیات یک ایده. مشخص کردن اجزای یک ایده بدیع و در نهایت، تبدیل آن به یک محصول خلاقانه به دانش کافی در زمینه علوم و مهندسی نیاز دارد.

در تفکر واگرا کارگروهی تشویق می‌شود، چون بدین ترتیب، تجربه‌های متنوع گرد هم می‌آیند. تفکر واگرا به یک فرد یا گروه اجازه می‌دهد تا در زمانی اندک بیشترین ایده‌های تازه را تولید کند. در این فرایند تمام قضاوتها معلق و فرد تشویق می‌شود تا هر چه بیشتر ایده تولید کند. در این روش از تفکر کیفیت ایده‌ها مهم نیست و حتی می‌توان بر اساس ایده‌هایی که دیگران تولید کرده‌اند، ایده‌های دیگری ارائه کرد. تفکر واگرا به دنبال آن است که مرزهای تصور را بشکند. همچنین، از ایده‌های نامتعارف، عجیب و متهورانه استقبال می‌کند. در فرایند تفکر واگرا تمام ایده‌ها ثبت می‌شود و هیچ ایده‌ای به‌عنوان ایده نامناسب حذف نمی‌شود. هدف تفکر واگرا به‌دست آوردن حداکثر ایده‌ها و درهم شکستن چارچوبهای ذهنی است.

حاصل تفکر واگرا تنوع و کثرت ایده‌ها و اطلاعات تولید شده و حاصل تفکر همگرا یکتایی ایده و اطلاعات تولید شده است. به زبانی دیگر تفکر واگرا تمام احتمالات گوناگون را متصور می‌شود، در صورتی که تفکر همگرا نتایج تفکر واگرا را ارزیابی و انتخاب می‌کند. هیچ‌کدام از این دو نوع تفکر بر دیگری برتری ندارد و هر دو آنها برای رسیدن به موفقیت نهایی ضروری هستند و هر دو شکل تفکر نقش مهم و حیاتی در حل خلاقانه مسائل ایفا می‌کنند. از سوی دیگر، اگر این دو شکل در یک زمان اتفاق افتد یا اینکه در زمان مناسب از هر کدام آنها استفاده نشود، به مانعی در اندیشه تبدیل می‌شوند.

افرادی که به تفکر همگرا عادت کرده‌اند، به سختی می‌توانند به‌طور واگرا اندیشه کنند. به‌طور کلی، افرادی با ویژگیهایی چون دید باز و انعطاف پذیر، متهور در ابراز عقیده، ناکامل دانستن وضعیت موجود و تمایل به قبول ریسک برای ترغیب تفکر واگرا لازم اند. تجربه نشان داده است که مهندسان خلاق دارای مهارتهای لازم در هر دو زمینه تفکر واگرا و تفکر همگرا هستند.

۶. فرایند خلاق

خلاقیت مستلزم فعالیتهای خلاقانه است. فرایند خلاق، که معمولاً از طرح یک سؤال یا مسئله آغاز می‌شود، به صورتهای مختلفی توصیف شده است. برای این فرایند چهار مرحله را در نظر گرفته‌اند [۱۳ و ۱۴].

مرحله آماده سازی: این مرحله شامل تعریف، تدوین مجدد و باز تعریف مسئله یا سؤال است. مشکل واقعی چیست؟ آیا آن را تعریف کرده‌ایم؟ تاریخچه مسئله چیست؟ مسائل مشابه آن چگونه حل شده‌اند؟ آیا به تمام دانش و مهارت لازم برای حل این مسئله دسترسی داریم؟ حاصل این مرحله فراهم آوردن اطلاعاتی کامل در باره مسئله است. ساماندهی درست یک مسئله اغلب مهم‌تر از حل آن است که منحصرأ می‌تواند یک مهارت ریاضی یا تجربی باشد. طرح سؤالات جدید و بازبینی مسائل قدیمی با نگاهی تازه، به تخیل خلاقانه نیاز دارد. نحوه مناسب شکل‌گیری سؤال یا مسئله می‌تواند مغز را به سمت پایانی خلاقانه هدایت کند.

مرحله تولید ایده: دانشجویان مهندسی پس از آنکه مسئله یا سؤال را تعریف یا باز تعریف کردند، به سمت تولید تعداد هر چه بیشتری راه حل محتمل می‌روند. در این مرحله با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده و آگاهیهای موجود در باره مسائل مشابه سعی می‌شود که راه‌حلهای مناسبی برای مسئله پیدا شود. اگر این کار نتیجه نداد، اطلاعات بیشتری جمع‌آوری و به راه‌حلهای پیشنهادی دیگران توجه و دوباره امتحان می‌شود، خلاصه اینکه سعی در درگیر شدن با مسئله می‌شود تا راه‌حلی پیدا شود. اگر این کوششها نتیجه‌ای نداد، آنگاه فهرستی از بهترین راه‌حلهای تقریبی فراهم می‌شود. این مرحله، که گاه به نام عمومی توفان ذهن نیز شناخته می‌شود، به ارائه همه مفاهیم یا ایده‌های مربوط به مسئله منجر می‌شود.

مرحله نهفتگی: این مرحله عبارت از آرامش کامل دادن به ذهن است. اگر با وجود کوششی که به خرج داده شد کماکان راه حلی پیدا نشد، مسئله را کنار می‌گذاریم و برای مدتی به‌ذهن خود استراحت می‌دهیم. این عمل می‌تواند با فعالیتهایی چون خوابیدن، دوش گرفتن یا پیاده‌روی حاصل شود. در این فاصله ضمیر ناخودآگاه ما کار بر روی مسئله را ادامه می‌دهد و این در حالی است که شاید خودمان از این فعالیت ذهنی بی‌اطلاع باشیم. به‌دفعات دیده شده که فرد یک ایده خلاقانه را بعد از یک دوره کوتاه نهفتگی بروز داده است.

آشکارسازی: تجربه نشان داده است که بسیاری از راه‌حلهای چالشهای مشکل اغلب بعد از یک توقف و فترت در پردازش فعال به وسیله مغز بروز کرده است. در بسیاری از موارد وقتی فرد دوباره به مسئله بازمی‌گردد، راه‌حل بسیار ساده و واضحی به‌نظرش خواهد رسید. دلیل این امر آن است که در مدتی که فرد در حال استراحت بوده است، حتی به‌مدت یک ساعت یک روز یا یک هفته، ضمیر ناخودآگاه وی تکه‌های مسئله را کنار هم قرار داده و راه حل مسئله روشن شده است. بسیاری از مخترعان بزرگ گفته‌اند که راه حل مسائل به‌طور اتفاقی و هنگامی که به‌طور کامل از آن فارغ بوده‌اند، به فکر آنان رسیده است. برای مثال، گفته می‌شود که نیوتن قانون جاذبه را هنگامی که زیر درختی نشسته بود، بر اثر اصابت سیبی به سرش کشف کرد. البته، در نقل چنین داستانهایی هیچ‌گاه به

سالهای درازی که صرف تمرکز و آمادگیهای ذهنی برای حل مسئله شده است، اشاره نمی‌شود. مرحله آشکار سازی شامل تحلیل، دسته‌بندی و ارزیابی تمام ایده‌ها و راه‌حلهای طرح شده و برنامه‌ریزی برای اقدام مؤثر است [۱۴]. برای مثال، یک دانشجوی مهندسی پس از طرح مسئله تمام راه‌حلهای محتمل را با روشهای برانگیختن تفکر واگرا گردآوری می‌کند و سپس، این راه‌حلهای را بر مبنای تجربه و دانشی که دارد، تحلیل، دسته‌بندی و ارزیابی می‌کند. در مرحله بعد تعدادی از راه‌حلهای محتمل‌تر را انتخاب می‌کند و در نهایت، به برنامه‌ریزی اقداماتی چون انجام دادن آزمایشهای لازم می‌پردازد [۱۳]. در اینجا است که فرد می‌تواند برای حل نهایی مسئله به آزمودن محتمل‌ترین راه حل ممکن بپردازد. در مواردی ممکن است فرد یا گروه هرگز به مرحله آشکارسازی نرسند. در اینجا است که باید تصمیم گرفته شود که دوباره سعی شود یا تلاشها متوقف شود. در چنین حالاتی بهتر است مسئله بازبینی و مشخص شود که آیا به‌خوبی توضیح داده شده است یا نه. اگر مسئله به‌نظر ساماندهی صحیحی داشت، دوباره می‌توان فرایند را، با گردآوری اطلاعات بیشتر، از گام اول آغاز کرد. خلاصه اینکه خلاقیت به یک الهام ناگهانی منحصر نمی‌شود، بلکه حاصل فرایندی است که اگر آن را بدانیم و به‌کار بندیم، به نتیجه خواهد رسید.

در پایان مرحله آشکارسازی؛ یعنی وقتی که نشانه‌ها را دریافتیم، باید کنترل کنیم که آیا واقعی هستند یا خیر و سپس، از آنها استفاده کنیم. در چهار مرحله‌ای که برای فرایند خلاق در نظر گرفته شده است، روشی برای ارزیابی مؤثر بودن و کارایی راه‌حل در نظر گرفته شده، منظور نشده است. پیشنهاد می‌شود که به‌عنوان یک مرحله تکمیلی فرایند خلاق، دانشجویان مهندسی؛ یعنی مهندسان آینده به مسئله مؤثر بودن نگرش خلاقانه خود برای حل مسئله نیز توجه کنند [۱۳].

۷. عوامل مؤثر در خلاقیت

عوامل چندی را در خلاقیت مؤثر دانسته‌اند. سه عاملی که بیشتر بر آنها تأکید می‌شود، عبارت‌اند از: مهارتهای تفکر خلاق یا توانایی تفکر در خارج از الگوهای رایج، انگیزه درونی یا نیاز و شور درونی برای خلاق بودن و منابع که شامل دانش، تجربه و دسترسی به اطلاعات مناسب است. بررسیها نشان داده است که گروهها بیش از جمع تواناییهای تک تک اعضای خود کار انجام می‌دهند. علاوه بر آن، گروهها می‌توانند با به‌کارگیری روشهای تحریک‌کننده خلاقیت، چون بارش ذهن، خلاقیت‌های مؤثرتری را بروز دهند. در یک گروه یا سازمان نیز انگیزه‌های افراد به دو دسته درونی و بیرونی تقسیم می‌شوند. انگیزه‌های بیرونی طیفی از تهدید به اخراج تا پاداش است. از انگیزه‌های درونی نیز می‌توان احساس رضایت و لذت بردن از کار را نام برد.

۸. موانع خلاقیت

مقاومتهایی که در برابر تغییر در یک فرد، گروه، سازمان یا در جامعه وجود دارد، می‌توانند به صورت موانعی در برابر رشد و توسعه خلاقیت عمل کنند. در جدول ۲ برخی نظرها و پیش‌بینیهای سرکوب‌کننده خلاقیت، که گاه افراد معروف آن را عرضه کرده و گذشت زمان ابطال آنها را نشان داده، آمده است. بی‌شک، تمام این موارد تصویری اشتباه هستند. روشهای بسیار متفاوتی برای حل مسائل وجود دارد و فرایند خلاق مستلزم وجود ابهام، خیال‌پردازی و لذت بردن از نتایج به‌دست آمده است. فقط لازم است که نگاه مثبتی به آن داشته باشیم و نباید بترسیم که احمق انگاشته خواهیم شد. همچنین، نباید اسیر قانونهای نانوشته و دست و پاگیری شویم که مانع از خلاقیت ما می‌شوند.

توسعه خلاقیت از دو دسته عوامل درونی یا فردی و شرایط بیرونی یا محیطی تأثیر می‌پذیرد. به نظر می‌رسد که عوامل درونی مثل دانش، مهارت و نگرش فرد تأثیر بیشتری در مقایسه با شرایط بیرونی مثل پاداش و انگیزه داشته باشد. دانشجویان مهندسی باید راهنمایی شوند که چگونه موانع توسعه خلاقیت را، که برخی از آنها در جدول ۱ آمده است، شناسایی و برطرف کنند [۱۳ و ۱۵].

بسیاری از دانشجویان مهندسی، که معمولاً از آموزش سنتی بهره برده‌اند، مایل به تفکر همگرا؛ یعنی تفکر در قالب و ساختار مشخص هستند و به‌ندرت نحوه تفکر خود را تغییر می‌دهند. گرچه این احتمال وجود دارد که این دانشجویان فعالیتهای کوتاه مدتی مثل تکالیف یک درس را به‌نحو مؤثری به‌انجام برسانند، با این حال، ممکن است آنها به‌خوبی نتوانند با مسائل دنیای واقعی، که به‌طور دایم در حال تغییر و تحول‌اند، برخورد کنند. یک راه حل متصور برای این دسته از دانشجویان فعالیت در گروه؛ یعنی جایی است که دیگر اعضای گروه انعطاف‌پذیری فکری خود را برای حل مسائل به نمایش می‌گذارند [۱۳].

جدول ۱: موانع خلاقیت

ترس از ناشناخته‌ها	اجتناب از شرایط نامشخص، دادن وزن بیشتری به ناشناخته‌ها در مقایسه با دانسته‌ها و نیاز به‌آگاهی از آینده هر کار قبل از اقدام به آن، وجوه مختلف این مانع را تشکیل می‌دهند. برای رفع این مانع دانشجویان باید با روشهای کارآمد گردآوری اطلاعات برای روشن شدن هر چه بیشتر شرایط آشنا شوند.
ترس از شکست	پا پس کشیدن در کارها، نپذیرفتن ریسک و به کمتر قناعت کردن برای اجتناب از شرمساری ناشی از شکست محتمل مثالهایی در این خصوص است. با مرور نمونه‌هایی از فعالیتهای که به شکست منجر شده و تحلیل اینکه چه شده که کارها بر وفق مراد پیش نرفته است، این مانع تا حد زیادی رنگ خواهد باخت.
اکراه در استفاده از تواناییها	ترس از به‌کار بردن رفتار تهاجمی که ممکن است دیگران را متأثر کند. تردید در ثابت قدمی در اعتقادات خود و ترس از درک نشدن توسط دیگران نیز موجب اکراه در به‌کارگیری مؤثر

تواناییها می‌شود. عرضه‌ی مثالهایی از مخترعانی که با وجود مخالفت‌های اطرافیان بر نظرهای خود ایستادند و در نهایت، به نتایج خلاقانه با ارزشی رسیدند، می‌تواند فرد را به استفاده از تواناییهایش تشویق کند.

در مواجهه با موانع برای اجتناب از ناراحتیهای احتمالی به سرعت میدان را خالی کردن مثالی در این خصوص است. آشنایی با زندگی افرادی مثل ادیسون که بعد از هزاران آزمایش ناموفق از پای نمی‌نشستند، می‌تواند اعتماد به نفس را به فرد بازگرداند.

تواناییهای خود را نشناختن و کم دانستن اهمیت منابع و تواناییهای در دسترس. تأکید بیش از حد بر روشها و نگرشهای مرسوم، اهمیت دادن بیش از حد به گذشته، تمایل به همنوایی با عقاید رایج، تفکر نامنعطف و ناتوانی در نگاه به مسئله از دیدگاههای مختلف از دیگر موانع بروز خلاقیت است.

ترس از اینکه آزمودن یک چیز غیرعادی به نظر دیگران احمقانه برسد. جلوگیری از بروز ناگهانی احساسات و در نظر نگرفتن اهمیت احساس در دستیابی به اهداف. پافشاری در رفتارهای غیرعملی و شکست در کنترل فرضیات. پافشاری بیش از حد برای رسیدن به پاسخ به جای اجازه دادن به اینکه کارها که به طور طبیعی به پیش بروند.

شرایط محیطی نامناسب، قوانین صلب، رئیس مستبد، نبود حمایت برای به فعل در آوردن ایده‌ها و نبود همکاری و اعتماد بین اعضای گروه از دیگر موانع در رشد و توسعه خلاقیت اند.

ترس از ناامیدی

کم توجهی به منابع
سنجی بودن

ترس از بازگوشی
سرکوب احساسات
بیش اطمینانی
لجاجت

شرایط محیطی

۹. اندازه‌گیری خلاقیت

تفکر واگرا به‌سادگی هوش که با IQ^۱ اندازه‌گیری می‌شود، آزمون پذیر نیست. به بیان روشن‌تر، نمی‌توان با استفاده از روشهای مرسوم آزمونی برای سنجش تفکر واگرا طراحی کرد. این نوع تفکر را نمی‌توان به‌سادگی در چارچوب یا ساختار مشخصی قرار داد، چرا که تفکر واگرا مبتنی بر رسیدن به ایده‌های تازه از مسیر افکار بی‌نظم و تصادفی و به شیوه‌ای آزادانه است. بنابراین، افراد ماهر در تفکر واگرا لزومی ندارد که نتایج خیلی خوبی در آزمونهای هوش متداول کسب کنند؛ این در حالی است که در واقع، افراد کم‌هوشی نیستند.

اندازه‌گیری رسمی روان‌سنجی خلاقیت به‌سخنرانی سالهای دهه ۵۰ میلادی گیلفورد برای انجمن روانشناسی آمریکا بازمی‌گردد [۱۲]. کارهای این پژوهشگر به شناخت عموم از این مفهوم کمک زیادی کرد. تحلیلهای آماری به در نظر گرفتن خلاقیت به‌عنوان وجه متفاوتی از شناخت بشر و چیزی جدا از هوش یا میزان IQ منجر شد. این در حالی است پیشتر از آن خلاقیت به‌صورت زیرمجموعه

1. Intelligence Quotient (IQ)

هوش محسوب می‌شد. پژوهشهای گیلفورد نشان داد که در بالاتر از یک حد آستانه از IQ، رابطه بین خلاقیت و هوش از بین می‌رود [۹]. شواهدی که در خصوص ارتباط هوش و خلاقیت در چند دهه گذشته گردآوری شده، نشان داده است که ارتباط این دو مفهوم آن اندازه کم است که می‌توان آنها را به صورت دو مفهوم مستقل بررسی کرد [۱۰].

کوششهای بسیاری برای توسعه روشهایی برای اندازه‌گیری خلاقیت، به‌گونه‌ای که برای اندازه‌گیری هوش (IQ) مرسوم است، صورت گرفته است [۱۶]. بیشتر این روشها متکی به آزمونهای واگرا هستند که برعکس آزمونهای همگراست. در آزمونهای همگرا به‌طور معمول از فرد خواسته می‌شود تا با بررسی فهرستی از گزینه‌ها پاسخ یا حالت مطلوب را انتخاب کند. این در حالی است که در آزمون واگرا یک پاسخ صحیح منحصر به فرد وجود ندارد. در اینجا آموزشگر به دنبال پاسخهای متعدد و بدیع سؤال شونده است. آنچه این‌گونه آزمونها می‌سنجند، هوش تحلیلی نیست، بلکه چیز متفاوتی را اندازه می‌گیرند که بسیار نزدیک به خلاقیت است.

گروه گیلفورد، که پیشرو مطالعات مدرن روان‌سنجی خلاقیت است، آزمونهای چندی را برای سنجش خلاقیت پیشنهاد کرده است [۱۲]. در این آزمونها به‌طور معمول ارزش‌گذاری با توجه به میزان نادر و تازه بودن پاسخها صورت می‌گیرد. در تفکر واگرا سه عنصر انعطاف پذیری، اصالت و سیالی اندیشه بیشترین تأثیر را دارند. برای اندازه‌گیری انعطاف پذیری تفکر کاربردهای مختلف یک ابزار یا یک وسیله خاص سؤال می‌شود. هر چقدر پاسخها مناسب‌تر و خلاقانه‌تر و مبتنی بر تخیل قوی‌تر باشد، نشان‌دهنده انعطاف پذیری بیشتر ذهن است. علاوه بر آن، هر چه تعداد این کاربردها بیشتر باشد، حاکی از آن است که ذهن سیال‌تر است. برای اندازه‌گیری اصالت فکر نیز ابتدا داستانی کوتاه عرضه می‌شود و سپس، خواسته می‌شود که تمام عنوانهایی که برای آن داستان مناسب است، فهرست شوند.

تورنس با تکیه بر کارهای گیلفورد آزمونهای تفکر خلاق را، که به نام خود او معروف شد، عرضه کرد [۱۷]. این آزمونها شامل آزمونهای ساده تفکر واگرا و دیگر مهارتهای حل مسئله است که با توجه به ویژگیهایی چون روانی یا تعداد ایده‌های قابل تفسیر معنادار و مرتبط، اصالت یا نادر بودن پاسخهای داده شده، پیچیدگی یا میزان جزئیات در پاسخها و انعطاف پذیری یا تنوع و گوناگونی پاسخها ارزش‌گذاری می‌شوند.

گروهی از محققان نگرش و شخصیت اجتماعی فرد را برای اندازه‌گیری خلاقیت برگزیده‌اند. در این اندازه‌گیریها ویژگیهای شخصیتی مثل استقلال رأی، اعتماد به‌نفس، تمایل به پیچیدگی، سمت‌گیری زیبایی‌شناختی و ریسک‌پذیری برای اندازه‌گیری خلاقیت در افراد به‌کار گرفته می‌شود [۱۸]. بالاخره، باید از پرسشنامه کسب خلاقیت نام برد که آزمونی است که خود فرد آن را انجام

می‌دهد و دستاوردهای خلاقانه را در ۱۰ زمینه مختلف می‌سنجد [۱۹]. آزمونهای خلاقیت، که به نام عمومی آزمونهای تفکر واگرا نیز خوانده شده‌اند، در کنار تأیید گسترده‌ای که داشته‌اند با انتقاداتی نیز مواجه بوده‌اند.

۱۰. برانگیختن خلاقیت مهندسی

انگیزش خلاقیت عبارت از روشهایی است که عمل خلاقانه را ترغیب می‌کنند. این روشها بر تنوعی از وجوه خلاقیت چون روشهای تولید ایده و روشهای تفکر واگرا تمرکز دارند. برخی از این روشها به گروههای دو یا چند نفره احتیاج دارند، در صورتی که برخی دیگر را به‌طور فردی می‌توان انجام داد. چون خلاقیت معمولاً در مواجهه با مسائل سرچشمه می‌گیرد، به‌نظر می‌رسد که طبیعی‌تر این باشد که دانشجویان مهندسی خلاقیت را با تمرین در حل مسائل در خود تقویت کنند. این انتظاری است که پس از آغاز کار حرفه‌ای، صنعت از آنها خواهد داشت. در ادامه چند روش رایج‌تر برای برانگیختن خلاقیت در دانشجویان مهندسی عرضه شده است.

کارگروهی

به‌عقیده گروهی از دانشمندان وجوه مختلفی چون علم، هنر، ادبیات، فناوری، صنعت و سیاست را باید نه به‌عنوان یک فعالیت فردی، بلکه به‌عنوان یک فرایند اجتماعی مورد توجه قرار داد. فرایندی که حاصل فعالیت‌های مشترک بشری، و نه یک هدیه و الهام غیرعادی فردی، است [۲۰]. به نظر این دانشمندان هر یک از ما قادر هستیم در زمینه‌هایی فعالیت‌های خلاقانه داشته باشیم، به‌شرط آنکه شرایط مهیا باشد و ما نیز از دانش و مهارت‌های لازم در آن زمینه برخوردار باشیم. تحقیقات صورت گرفته در خصوص یادگیری نیز مسئله مذکور را تأیید کرده است [۲۱]. این تحقیقات نشان داده است که یادگیری فرایندی اجتماعی است و به تعامل بین افراد و ارتباطات بین آنها بستگی دارد. فرایندهایی نیز که به‌طور سنتی با خلاقیت مربوط است، جزئی از این فرایند هستند. به‌نظر این گروه تفکر بدیع و نوآورانه هیچ‌گاه بدون تعامل با دیگران بروز نمی‌کند و از این‌روست که شناخت و ارتباطات دو امر جدایی ناپذیرند. این گروه بر این باورند که مغز بشر یک پردازنده از پیش ساخته نیست که دارای یک سری ویژگیهای ذاتی از جمله خلاقیت باشد. روان ما نیاز به ارتباط دارد و با تعاملاتی که با دیگران دارد، شکوفا می‌شود.

با توجه به آنچه گفته شد، روشی مناسب برای به‌دست آوردن راه‌حلهای بیشتر و بدیع‌تر برای یک مسئله این است که تعدادی از افراد به‌صورت گروهی بر روی آن کار کنند. باید توجه داشت که کارگروهی، بجز حالتی که مدیریتی قوی وجود داشته باشد، اغلب بازده و سرعت کار را بالا نمی‌برد.

دلیل این امر رقابتها و تضادهای فردی است که معمولاً مانع جریان یافتن و مبادله ایده‌های جدید می‌شود. برای اینکه کارگروهی مفید باشد، باید اقداماتی برای تقویت روحیه کارگروهی و کاستن از انتقادهای منفی صورت گیرد. در حاشیه ۱ سه روش رایج‌تر برانگیختن خلاقیت به وسیله کارگروهی، یعنی بارش ذهن، نگارش ذهن و فهرست ویژگیها به‌طور خلاصه تشریح شده‌اند [۸].

حاشیه ۱: روشهای گروهی برانگیختن خلاقیت

بارش ذهن^۱: پرکاربردترین روش تولید ایده‌های جدید به‌صورت گروهی بوده است و امروزه، به‌طور وسیعی در فعالیتهای مهندسی به‌کارگرفته می‌شود. بدین منظور، گروهی از افراد انتخاب و ابتدا توسط سرگروه در باره مسئله مورد نظر توجیه می‌شوند. در این روش فرایند حل مسئله دارای دو مرحله متفاوت تولید و تحلیل است.

- در مرحله تولید از گروه خواسته می‌شود تا راه‌حلهای محتمل را به روی کاغذ بیاورند. در این مرحله هیچ انتقاد، مخالفت یا قضاوتی جایز نیست و سرگروه باید بر اجرای کامل این قاعده نظارت داشته باشد. تمام پیشنهادها بدون توجه به اینکه چه میزان واقعی یا غیر واقعی هستند، نوشته می‌شوند، وقتی که زمان تعیین شده، که حدود ۲۰ تا ۳۰ دقیقه است، تمام شد، این مرحله به‌پایان می‌رسد و مرحله بعدی آغاز می‌شود.

- مرحله تحلیل شامل انتقاد و ارزیابی فهرست ایده‌های ارائه شده و طبقه‌بندی آنها به‌ترتیب میزان کارایی آنها است. وقتی طبقه‌بندی به‌پایان رسید، گروه به بررسی جزئیات بهترین راه‌حل می‌پردازد.

روش توفان ذهن چندین شکل مختلف دارد. برای مثال، برای مسائل پیچیده پیشنهاد شده است که از هر یک از اعضای گروه خواسته شود تا به مدت یک ساعت، یک روز یا یک هفته به‌طور عمیق به مسئله فکر کنند و آنگاه گروه گردهم آیند و فرایند ادامه یابد. به‌منظور دستیابی به نتایج با کیفیت بالاتر در این روش چند نکته زیر باید مورد توجه قرار بگیرد:

- تعداد ایده‌ها اهمیت دارد و نه کیفیت آنها؛
- تعداد ایده‌های تولید شده باید زیاد باشد؛
- افراد گروه باید به‌طور فردی ایده‌ها را تولید کنند؛
- از کارگروهی فقط برای ترکیب و تصفیه ایده‌ها استفاده می‌شود؛
- هر یک از اعضا به‌طور فردی ارزش‌گذاری نهایی برای انتخاب بهترین ایده را انجام می‌دهد؛
- زمان نسبتاً کوتاهی برای توفان ذهن در نظر گرفته می‌شود.

نگارش ذهن^۲: نگارش ذهن فرایندی مشابه بارش ذهن است، با این تفاوت که به‌جای ارتباط کلامی از فرایندی نوشتاری استفاده می‌شود. تجربه نشان داده است که این روش تفکر فرد را بهتر از توفان ذهن بیان می‌کند، چون در آن از کلمات و تصاویر هم استفاده می‌شود. در اینجا سرگروه وظیفه دارد که راه‌حلهای یا پیشنهادهای تقریبی را قبل از جلسه در برگه‌های جداگانه تنظیم کند. این برگه‌ها در وسط میز قرار می‌گیرند. پس از آنکه حقایق مربوط به مسئله را سرگروه تشریح می‌کند، هر نفر یک برگه را از روی میز برمی‌دارد، آن را می‌خواند و سعی می‌کند که مطالب آن را بهینه کند یا

1. Brain Storming
2. Brain Writing

پیشنهاد جایگزینی ارائه دهد. وقتی که ایده‌های یک نفر تمام شد، برگه خود را با دیگری عوض و دوباره سعی می‌کند پیشنهادهای موجود در آن را بهینه کند. با این روش تمام شرکت‌کنندگان نظرهای خود را با هم مبادله می‌کنند [۸]. در این روش نظرهای مستدل و قوی‌تر تقویت و پیشنهادهای منفی به‌طور مؤثری سرکوب می‌شوند. این یادداشتها گزارشهای دایمی جلسه تلقی می‌شوند. تحلیل یا قضاوت در باره راه حل آرمانی، در مرحله بعد و هنگامی که همانند روش بارش ذهن نظرها طبقه‌بندی و با جزئیات تشریح شدند، صورت می‌گیرد. روش نگارش ذهن را به‌خوبی می‌توان از راه دور و به وسیله ایمیل نیز اجرا کرد. در واقع، آنچه در اطاقهای گفت‌وگوی اینترنتی می‌گذرد، نوعی نگارش ذهن است.

فهرست ویژگیها: در جایی که توفان ذهن یا نگارش ذهن روشهایی عمومی‌اند، روش فهرست کردن ویژگیها به‌طور خاص به دنبال پیدا کردن ایده است. با این روش دانشجویان ابتدا تمام ویژگیها و صفت‌های موضوع مورد بررسی را شناسایی و سپس، در خصوص راه‌های تغییر، اصلاح یا بهبود هر یک از آن ویژگیها فکر می‌کنند. در یک روش تکمیلی، پس از آنکه فهرست ویژگیها تهیه شد، از دانشجویان خواسته می‌شود تا زیرگروههایی را تشکیل دهند و همه گزینه‌های ممکن را در هر یک از زیر گروهها سامان دهند. سپس، از هر قسمت یک نمونه انتخاب و با ترکیب آنها اشکال و گزینه‌های جدیدی را ایجاد کنند.

۱.۱. ایجاد محیط مناسب

به‌طور معمول، اطرافیان و مردم جامعه خلاقیت را ارزش‌گذاری می‌کنند و در عمل موجب شکوفایی بیشتر آن می‌شوند. فردی که در یک خانواده هنری به دنیا آمده است، به‌دلیل تعاملاتی که دارد، احتمال بیشتری دارد که فعالیتهای خلاقانه هنری از خود نشان دهد. بررسی‌ای که در کشور آمریکا صورت گرفته، نشان داده است دانشمندی که در آزمایشگاه کسی که بیشتر جایزه نوبل برده است کار می‌کند، شانس به‌مراتب بیشتری برای کسب جایزه نوبل دارد. این امر از طرفی به‌دلیل شرایط تحریک کننده و پیش برنده محیطی است که وی در آن کار می‌کند و از سویی، به علت تعاملات و ارتباطات گسترده‌تر و دسترسی به شبکه دانش و اطلاعات پیشرفته‌تر است [۲۲].

در منابع متعددی به ضرورت ایجاد شرایط مناسب برای شکوفایی خلاقیت در محیطهای آموزشی تأکید شده است. محیط مناسب یکی از شرایط رشد خلاقیت است. کودک و نوجوانی که در منزل فقط باید فرمانبردار باشد و اجازه هیچ‌گونه خودنمایی و اظهار نظری به‌وی داده نمی‌شود، نخواهد توانست تفکر خلاق را در خود توسعه دهد. چنین است آموزشهای دانشگاهی استاد محور که در آن جریان یکطرفه انتقال دانش از استاد به دانشجویان صورت می‌گیرد. فرایندی که طی آن دانشجویان فقط گوش می‌کنند، مطالب روی تخته را دنبال می‌کنند و اجازه هیچ سطحی از مشارکت به آنها داده نمی‌شود. در چنین شرایطی دانشجویان هیچ فرصتی برای بروز و رشد خلاقیت‌های خود نمی‌یابند. امروزه، آموزش دانشجو محور با استفاده از روشهای مختلف یادگیری فعال و مشارکت

گروهی فراگیران در فرایند یادگیری، آنها را درگیر آنچه در کلاس اتفاق می‌افتد، می‌کنند [۲۴ و ۲۵]. در چنین شرایطی است که دانشجویان میدانی برای بروز و گسترش خلاقیت‌های خود پیدا می‌کنند.

۱۲. طرح مسائل با انتهای باز

در دروسهای مهندسی، که اغلب به حل مسئله نیاز دارد، به‌طور معمول مسائلی طرح می‌شوند که فقط یک پاسخ دارند و حل آنها به تفکر همگرا نیاز دارد. به زبانی دیگر، دانشجویان برای رسیدن به پاسخ به این‌گونه مسائل کمتر به تفکر واگرا و خلاقیت نیاز دارند و فقط باید از دانش مرتبط با سؤال و مهارتهایی که در حل مسائل پیدا کرده‌اند، استفاده کنند. نوعی سؤال که حل آن به تفکر واگرا و خلاقانه نیاز دارد، پرسشهایی است که بیش از یک پاسخ دارند. دانشجویان برای حل چنین مسائلی مجبورند گزینه‌های جدید و ناشناخته‌ای را طرح و به‌زبانی دیگر، خلق کنند. اینها سؤالاتی است که دانش‌آموختگان مهندسی بعد از شروع به کار حرفه‌ای بیشتر با آنها مواجه می‌شوند. طراحی مهندسی، که اوج فعالیت‌های مهندسی است، معمولاً با سؤلهایی رو به روست که یک پاسخ منحصر به فرد ندارد. عرضه مسائلی به دانشجویان که پاسخهای کاملاً تعریف شده‌ای ندارند، روش کارآمدی برای پرورش خلاقیت در آنهاست. این کار به دانشجویان اجازه می‌دهد تا مسائل را بشکافند و آنها را بازتعریف کنند.

۱۳. برانگیختن انگیزه درونی

ترغیب انگیزه درونی و حل مسائلی که به تفکر واگرا نیاز دارند، دو زمینه‌ای است که آموزشگران می‌توانند به وسیله آنها خلاقیت را در دانشجویان خود پرورش دهند. تجربه نشان داده است که دانشجویان زمانی که یک کار را به‌طور ذاتی برانگیزاننده و با ارزش می‌بینند، خلاقیت بیشتری از خود نشان می‌دهند. آموزشگران برای تقویت تفکر خلاق باید مواردی را که به دانشجویان انگیزه می‌دهد، شناسایی کنند و آموزش خود را حول آنها سازمان دهند. به‌طور کلی، اگر به دانشجویان فرصت انتخاب بدهیم، انگیزه درونی بیشتری پیدا می‌کنند و در نتیجه، خلاقیت بیشتری برای انجام دادن کار از خود نشان خواهند داد [۲۶].

فرایند خلاق اغلب به راه‌حلهای موفقیت‌آمیزی منتهی می‌شود، ولی وقتی که بی‌نتیجه می‌ماند، می‌توان از روشهایی برای برانگیختن خلاقیت و غلبه بر موانع ذهنی استفاده کرد. اولین روش برای تحریک خلاقیت بحث و گفت‌وگو در باره مسئله با همکلاسیها یا سایر مهندسان است. اگر همکاران مناسبی نداریم، می‌توانیم مسئله را برای غیر مهندسان توضیح دهیم. برای توضیح دقیق مسئله لازم است که آن را به‌خوبی درک کرده باشیم. این روش، که به‌سامان دادن بهتر مسئله برای توضیح

واضح تر آن منجر می‌شود، ممکن است موجب شود که راه حل مناسبی به ذهن ما خطور کند [۸]. چنانچه هیچ‌کس برای گفت‌وگو در باره مسئله در دسترس نبود، می‌توانیم مسئله را، به همراه فهرستی از بهترین راه‌حلهای "تقریبی" که تاکنون فراهم آمده است، به روی کاغذ بیاوریم. این کار شاید موجب شود که راه‌حل اصلی به‌ذهن خطور کند. ولی اگر موفق نشدیم، دستکم مسئله را به‌طور واضح تعریف کرده‌ایم. پس شاید وقت آن رسیده است که برای مدتی استراحت کنیم و اجازه بدهیم که ایده مورد نظر در ذهن ما رشد کند.

۱۴. دسترسی به منابع

در دنیای مدرن فناوری جزء جدایی‌ناپذیر پیشرفت جوامع است و به تبع آن در توسعه خلاقیت در زمینه‌های مختلف فعالیت‌های بشری نقشی حیاتی دارد [۲۰]. در چنین شرایطی جوامع خلاق به دنبال استفاده از آخرین فناوریها برای توسعه ایده‌ها و ابداعات خلاقانه جدید هستند. فناوریهای جدید همچون اینترنت دسترسی ما به دنیای وسیع دانش روز را امکان‌پذیر ساخته است، چیزی که در کلاسهای درس گذشته قابل حصول نبود. فناوریها روشهای جدید دسترسی به اطلاعات و دانش و همچنین، روشهای تازه‌ای را برای ارتباط بین آموزشگران و فراگیران فراهم آورده است. فناوریهای جدید همچنین، روشهای انعطاف‌پذیرتری را برای همکاریهای گروهی و تعاملهای خلاقانه ایجاد کرده است [۲۳].

۱۵. نتیجه‌گیری

طراحی اوج فعالیت‌های مهندسی است و عاملی مهم در دستیابی به یک طراحی موفق به‌کارگیری تفکر خلاق است. حاصل تفکر خلاق تولید چیزی بدیع و با ارزش است. خلاق بودن به سن و سال ربطی ندارد. همه افراد، در هر سنی که هستند، از این توانایی و قابلیت برخوردارند. خلاقیت به‌میزان سواد و معلومات فرد نیز ارتباط محکمی ندارد. همبستگی محکمی بین هوش و خلاقیت نیز شناسایی نشده است. خلاصه اینکه همه می‌توانند خلاق باشند، به شرط آنکه به آن باور داشته باشند. آموزش مهندسی به‌طور عمده به تفکر نقاد یا تفکر همگرا متکی است. این در حالی است که در این آموزشها تفکر واگرا نقش کمرنگ‌تری دارد. یکی از مؤلفه‌های مهم خلاقیت تفکر واگراست. تفکر واگرا در واقع، روش تولید ایده‌های بیشتر و باز هم بیشتر از یک مسئله یا ایده اولیه است. تفکر واگرا به تولید راه‌حلهای یا پاسخهای محتمل یا عرضه ایده‌های متعدد برای یک مسئله یا سؤال با توجه به اطلاعات موجود منجر می‌شود. تفکر واگرا با چهار ویژگی روان بودن، انعطاف پذیری، اصالت و پیچیدگی شناخته می‌شود. آموزشگران مهندسی می‌توانند با در نظر گرفتن تمهیدات مناسب به برانگیختن تفکر

خلاق در دانشجویان کمک کنند. از جمله روشهایی که در این خصوص می‌تواند کارساز باشد، عبارت‌اند از:

- استفاده از فعالیتهای گروهی در آموزش مهندسی؛
 - ترغیب تفکر واگرا با طرح سؤالات با انتهای باز و دارای بیش از یک جواب؛
 - ایجاد محیط مناسب با به‌کارگیری آموزش دانشجومحور و یادگیری فعال؛
 - کوشش برای برانگیختن انگیزه درونی دانشجویان؛
 - فراهم کردن شرایط مناسب برای دسترسی به منابع مناسب.
- فقط در چنین صورتی است که دانش‌آموختگان مهندسی خواهند توانست در مهم‌ترین فعالیت مهندسی؛ یعنی طراحی به‌نحو موفق‌تری عمل کنند.

مراجع

1. EUA (2007), Creativity in higher education; report on the EUA creativity project 2006-2007, European University Association, 48 pp.
2. Kaufman, James C. and Beghetto, Ronald A. (2009), Beyond Big and Little: The Four C Model of Creativity, *Review of General Psychology*, Vol. 13, No. 1, pp. 1–12. doi:10.1037/a0013688.
3. Merriam-webster.com (accessed Oct 2012).
4. Amabile, T. M. (1998), How to kill creativity, *Harvard Business Review*, Vol. 76, No. 5.
5. Weisberg, R.W. (2008), Creativity: Beyond the Myth of Genius, Portfolio Hardcover, 224 pp.
6. Mumford, M. D. (2003), Where have we been, where are we going? Taking stock in creativity research, *Creativity Research Journal*, Vol. 15, pp. 107–120.
7. Shaw, M. C. (2001), Engineering problem solving: a classical perspective, Noyes Publications, Norwich, NY.
۱. معماریان، حسین (۱۳۸۸)، حرفه مهندسی، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۲۴ صفحه.
8. Kozbelt, Aaron, Beghetto, Ronald A. and Runco, Mark A. (2010), Theories of Creativity. In James C. Kaufman and Robert J. Sternberg, *The Cambridge Handbook of Creativity*, Cambridge University Press.
9. Batey, M. and Furnham, A. (2006), Creativity, intelligence and personality: A critical review of the scattered literature, *Genetic, Social, and General Psychology Monographs*, 132, pp. 355-429.
10. Folfer, H. S. and LeBlanc, A. E. (1995), *Strategies for creative problems-solving*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
11. Guilford, J. P. (1967), *The Nature of Human Intelligence*, McGraw Hill, 538 pp. <http://fa.wikipedia.org/> (accessed 2012/11/6).

12. Liu, Z. and Schonwetter, D. J. (2004), Teaching creativity in engineering, *International Journal of Engineering Education*, Vol. 2, No. 5, pp. 801-808.
 13. Bailli, C. (2002), Enhancing creativity in engineering students, *Journal of Engineering Science Education*, Vol. 11, pp. 185-192.
 14. Christiano, S. J. E. and Ramires, M. R. (1993), Creativity in the classroom: special concerns and insights, in *Frontiers in Education Conference*, IEEE, Washington DC.
 15. Kraft, U. (2005), Unleashing Creativity, *Scientific American Mind* April: 16-23.
 16. Torrance, E. P. (1974), *Torrance Tests of Creative Thinking*, Personnel Press, Available at: <http://thinktunk.blogfa.com/post-18.aspx> (accesses 2012/11/2).
 17. Sternberg, R. J. and Lubart, T. I. (1999), The Concept of Creativity: Prospects and Paradigms. In ed. Sternberg, R. J., *Handbook of Creativity*, Cambridge University Press, ISBN 0-521-57285-1.
 18. Carson, S. H., Peterson, J. B. and Higgins, D. M. (2005), Reliability, Validity, and Factor Structure of the Creative Achievement Questionnaire, *Creativity Research Journal*, Vol. 17, No. 1, pp. 37-50.
 19. Craft, A., Jeffery, B. and Liebling, M. (eds) (2001), *A hundred possibilities: creativity, community and ICT*, www.teachandlearn.org.
 20. Lave, J. (1988), *Cognition in practice*, Cambridge, CU Press.
 21. Zukerman, H. (1997), *Scientific Elite: Nobel Laureates in the United States*, New York, Free Press.
 22. Open University (2011), *Creativity, Community and ICT*, Open learn, Open University, UK. 19pp.
۲. معماریان، حسین (۱۳۹۰)، روشهای نوین دانشجو محور در آموزش مهندسی، فصلنامه آموزش مهندسی / ایران، جلد ۱۳، شماره ۵۲، صص. ۲۱-۱.
۳. معماریان، حسین (۱۹۹۱)، نوآوری در آموزش مهندسی، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۹ صفحه.
23. Robinson, K. and Azzam, A. M. (2009), Why creativity now?, *Educational Leadership*, Vol. 67, No. 1, pp. 22-26.