

اثر بخشی خطا بر روی خلاقیت و برنامه ریزی و تفکر مستقل از میدان دانشجویان رشته‌های مهندسی

حمید رضا عربی، آزاده عسکری و مریم السادات اخبازی
دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه اصفهان

چکیده: تا به حال در کشور ما آموزش مهندسی از پژوهشهای آزمایشی در زمینه شیوه آموزش کمتر بهره برده است. در پژوهش حاضر دو شیوه تشویق به تولید پاسخ بدون نگرانی از خطا و نیز شیوه مرسوم یادگیری همراه با ارزیابی [بدون خطا] با یکدیگر مقایسه شده‌اند. تشویق به تولید پاسخ بدون نگرانی از ارزیابی شیوه‌ای است که در شرکت تویوتای ژاپن شیوه مسلط آموزشی بوده است. در پژوهش حاضر نمونه‌ای از دانش‌آموختگان رشته مهندسی برای حل مسائل با ماهیت مهندسی با این دو شیوه مقایسه شده‌اند. دانش‌آموختگان دانشجویان رشته‌های رایانه (نرم افزار و سخت‌افزار)، شیمی و طراحی صنعتی بوده‌اند که برای استخدام به یک شرکت صنعتی در اصفهان مراجعه کرده‌اند. تعداد ۱۵ نفر در گروه آزمایشی و ۱۵ نفر در گروه گواه قرار داده شدند که در گروه آزمایشی تولید پاسخ بدون ارزیابی و در گروه گواه با ارزیابی (یعنی کنترل خطا) بوده است. یافته‌ها نشان داد که دانشجویان روش تولید پاسخ بدون نگرانی از ارزیابی نسبت به گروه دیگر در نوآوری، برنامه‌ریزی و تفکر مستقل از میدان برتری دارند. بر پایه یافته‌های این پژوهش پیشنهادهایی ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: آموزش خطا، خلاقیت، برنامه‌ریزی، تفکر مستقل از میدان، قضاوت و درک
مطلب.

۱. مقدمه

در ذات آدمی خطا اجتناب ناپذیر است، اما افراد معمولاً از خطا به خصوص در محل کار اجتناب می‌کنند. خطا به فشار روانی، ناکامی و درماندگی آموخته شده و ادراک شده وابسته است [۱ و ۲]. با توجه به این دیدگاه نظامهای آموزش سازمانی معمولاً خطا را تشویق نمی‌کنند و تمرکز نظریه‌های آموزشی نیز روی نتایج موفق (بدون خطا) است که با تقویت مثبت همراه می‌شود [۳]. برای مثال، برنامه‌ریزی آموزشی روی کمینه ساختن اشتباهات و بیشینه ساختن پاسخهای درست همراه با بازخورد مثبت تمرکز دارد حقی می‌نویسد: «در حالی که دانش‌آموختگان رشته‌های مهندسی، بازاریابی، حسابداری و طراحی صنعتی برای طراحی و توسعه جدید و پیشرفت در صنعت ساخت با چالشهایی مواجه هستند، اکنون زمان آن رسیده است که بحث کردن در باره اصلاحات ممکن و دنبال کردن راهکارهای محافظه کارانه و محتاطانه را کنار بگذاریم و به جای آن با وسعت نظر بیندیشیم و شجاعانه‌تر جهتگیری جدیدی داشته باشیم تا مدل‌های متداول را به شیوه‌های مبتکرانه یا شاید رادیکال تبدیل سازیم». دیدگاه وی نشان‌دهنده تمایل به گنجاندن آموزشهای خلاق برای ایجاد تغییرات در صنعت است که در مقابل برنامه‌های سنتی قرار می‌گیرد. یکی از تفاوت‌های عمده برنامه‌های سنتی و برنامه‌های نوین در نگرش به خطاست. منظور حقی از راهکارهای محافظه‌کارانه و محتاطانه پرهیز از خطا و ادامه راه از شیوه‌های شناخته شده قبلی است [۴]. گر چه برنامه‌های سنتی تا حد زیادی در اغماض از خطا کردن متغیرند ولی به هر حال اشتباهات را به عنوان شکست در نظر می‌گیرند و کمتر به طور فعالانه انجام اشتباه را تشویق می‌کنند. در گذشته، ملاک ارزشیابیها مطالب و امکانات ارائه شده به دانشجویان بود، لیکن در چارچوب جدید اصل مهم این است که فراگیری دانشجویان فارغ‌التحصیل چقدر است؟ فراگیری نه تنها کاربرد اصول شناخته شده قبلی است، بلکه روشهای خلاق برای ایجاد تغییرات و تحول در آموزش مهندسی را نیز در بر می‌گیرد. خلاقیت و نوآوری نیز بدون پذیرفتن خطر اشتباه میسر نیست. در فراگیری به مفهوم سنتی ارزشیابی بلافاصله پس از آموزش صورت می‌پذیرفت، در حالی که در شیوه‌های خلاق،

ارزشیابی باید به تعویق افتد تا نگرانی از ارزشیابی، جسارت خطا کردن را از فراگیران نگیرد. این گرایش شیوه‌های فراگیری جدید را در مقابل شیوه‌های سنتی که بر اجتناب از خطا متمرکز بود، قرار می‌دهد [۵]. اگر چه اجتناب از خطا به خصوص برای خوب یادگرفتن مهارت‌ها و رفتارها مطمئناً مناسب است، اما ممکن است روشهای منظم متفاوتی را، هنگامی که کارآموزان قابلیت‌های جدیدی دریافت می‌کنند، به وجود آورد. دورمان و فرزندانشان دادند که اجتناب از خطا، رفتارهای یادگیری اکتسابی را کاهش می‌دهد که بدین ترتیب، موجب کاهش پیشرفت دانش نو می‌شود کاهش می‌دهد [۶]. علاوه بر این، وقتی خطا صورت می‌گیرد، الزاماً در فرایند یادگیری راهبردهای اجتناب از خطاهای مشابه در آینده دخیل نمی‌شود. سیتکین هشدار می‌دهد که ممکن است موفقیت‌های پیوسته مقدمه‌ای برای شکست خوردن باشد و افراد را در کشف گونه‌های دیگر محدود کند، مانع ریسک کردن بشود و شاید به خشنودی منجر شود. [۷].

اسمیت فورد و کوزلوسکی اظهار کردند که خطا می‌تواند افراد را در مقابل فرضیه‌های نادرست هوشیار کند [۸].

به همین دلیل، آموزش خطا که منظور آن تشویق به خطا کردن است در برنامه‌های آموزش سازمانی قرار گرفته است. ایوانیک وهسکت تأکید می‌کنند که خطا شیهه دوره آموزش است [۱] و رکن اصلی در آموزش افراد ایجاد توانمندی در آنان برای تصمیم‌گیری صحیح، تغییر رفتار و عملکرد و استفاده بهینه از منابع است [۹].

تصمیم‌گیری صحیح بدون توجه به همه پاسخهای ممکن امکان‌پذیر نیست. برای یافتن همه پاسخهای ممکن نیز باید در ابتدا بدون نگرانی از احتمال خطا، تعداد پاسخها را افزایش داده و به حداکثر رساند. بنابراین، باید نگرش اغماض از به خطا برای بیشینه ساختن پاسخها انجام شود. بنابراین، گسترش نگرش اغماض نسبت به خطا ممکن است اکتساب دانش را بهتر کند و عواطف منفی را کاهش دهد. همچنین آموزش که تعبیری مثبت از خطا دارد، به عنوان فرصتی برای یادگیری، احتمالاً به بازده‌های متفاوتی از آموزش که به اجتناب از خطا تمرکز دارد منجر می‌شود. در پژوهشی کشف شد که ارزش دیدگاه آموزش خطا برای افراد با سطوح مختلف از توانایی شناختی یا

صفات شخصیتی متفاوت است [۱]. هدف این مقاله بررسی تأثیر دیدگاه آموزش خطا در بهبود تواناییهای شناختی برنامه ریزی و خلاقیت است. شایان ذکر است که خلاقیت و نوآوری از مسائل بسیار مهمی است که با وجود تدریس دروس آن در کشورهای پیشرفته و حتی وجود رشته‌های متنوع در دانشگاهها و کالجها در کشورهای مختلف، در نظام آموزشی ایران نبود آن بسیار بارز و مورد توجه است [۱۰]. بخصوص با توجه به این که دیدگاه آموزش خطا ترس از ارزشیابی را کم می کند و بنابراین، در بهبود تفکر واگرا مؤثر است.

۲.۱ اثر آموزش خطا بر دانش اظهاری، ادای وظایف و خودکار آمدی دانش

دانش، ادای وظایف و خودکار آمدی نتایج آموزش هستند که سبب رشد انتقال و تعمیم یادگیری به محیطهای جدید می شوند [۱۱ و ۱۲].

گالی، باین، کولز و ویتمن نشان دادند که آموزش خطا و تفاوت‌های فردی بر نتایج آموزش مؤثر است [۱۳]. دانش اظهاری دانشی در باره حقیقتها و چیزهایی است که به افراد اجازه می‌دهد تا به فهمی از شرایط ادای وظیفه دست پیدا کنند [۱۴]. اکتساب مهارت‌های اولیه، انتقال دانش اظهاری به مهارت‌های وابسته به عمل را در بر می‌گیرد. انجام دادن وظایف بهبود می‌یابد، بدین دلیل که مهارت‌های رویه‌ای^۱ ساخت یافته و خودکار می شود. آموزش خطای تشویقی به کار آموز اجازه کشف و امتحان کردن و نگاه به خطاها به عنوان قسمت عادی از فرایند یادگیری را می‌دهد. آموزش اجتناب از خطا را سبب می‌شود و تجربه و اکتشاف کارآموزان کاهش می‌یابد [۱۵ و ۱۶].

تحقیقات اخیر بدین سمت هدایت شده است که مشخص کند آیا آموزش تشویق به خطا یادگیری را توسعه می‌دهد. برای مثال، فرز و همکارانش برنامه‌های آموزشی‌ای را گسترش دادند که خطا در فرایند یادگیری آنها گنجانده شده بود و یادگیرندگان را در گسترش استراتژی برای سروکار داشتن با خطاها تشویق می‌کرد

[۱۶، ۱۵، ۶]. چنین برنامه‌هایی اغماض از خطا را افزایش می‌دهد و به اطلاعات منفی در یک تلاش برای افزایش فهم و ادای وظایف نگاه می‌کند. شواهد جدید ارزش تشویق به خطا و برتری آن را بر آموزش اجتناب از خطا مشخص می‌کند. علاوه بر این، نوردستروم و دیگران متوجه شدند افرادی که به تجربه خطا کردن تشویق شدند، شایستگی آنها افزایش یافت، ناکامی در آنها کاهش یافت و انگیزه درونی در پردازش وظایف در آنها افزایش یافت [۲].

۱.۲. دانش‌آزمایی

نظریه‌های شناختی و رفتاری بیان می‌کنند که خطا کردن می‌تواند عملکرد فرد را افزایش دهد [۱۵]. اگر کارآموزان به اشتباهاتشان توجه کنند، ممکن است در موقعیتهای مشابه دیگر به درک عمیق‌تری برسند. فیشر و لیسون استدلال می‌کنند که خطاها، به طور خاص، باز‌نمایی ذهنی موجود کارآموز از شیوه حل مسئله را نشان می‌دهند و عیوب آن را آشکار می‌سازند و بنابراین، فرد علت خطایش را می‌فهمد [۱۷]. در نتیجه، این به کارآموز بستگی دارد که منابع بالقوه خطاها را تا حد امکان در طول دوره آموزش‌اش کشف کند. هر چه این آگاهی عمیق‌تر می‌شود، تعداد خطاها در آینده کاهش می‌یابد.

۲.۲. انجام دادن وظیفه

تشویق کارآموزان به جستجو و یادگرفتن از اشتباهات و خطاها به دو دلیل می‌تواند به عملکرد بهتر منجر شود که یکی آموزش بهتر و دیگری انگیزش زیادتر است. اما از جهتی دیگر هم می‌تواند عملکرد آموزشی را به دلیل اکتشاف و ساختن استراتژی^۱ کاهش دهد، اگر چه اکتشاف و ساختن استراتژی در درازمدت می‌تواند عملکرد را افزایش دهد. این احتمال دارد که تفاوت‌های فردی مثل توانایی شناختی با آموزش در تعامل باشد و بر عملکرد فرد تأثیر بگذارد، زیرا این ویژگی‌هایی فردی هنگام بروز خطا باعث افزایش مهارت‌ها و تشخیص سریع‌تر می‌شوند.

۳.۲. نقش تفاوت‌های فردی:

احتمال آن نمی‌رود که آموزش تشویق به خطا کردن برای همه به طور یکسان و خوب عمل کند، زیرا این روش کارآموزان را به جستجو و یادگیری از اشتباهات تشویق می‌کند. در این حالت، آموزش تشویق به خطا کردن شبیه به یادگیری اکتشاف است که شامل جستجوی فعالانه و آزمایش برای یادگیری و پی بردن به قوانین، اصول و شیوه‌های عملکرد مؤثر است [۸].

هر دو روش آموزش تشویق به خطا و یادگیری اکتشاف نسبت به رویکردهای سنتی دیگر ساختار کمتری دارند، زیرا اهداف خاص آموزش آزمایش و اکتشاف است. اگر چه اسنو چنین استدلال می‌کند که هنگامی که فعالیتهای بدون ساختار یا مستقل مورد نیاز است، دانشجویان رشته‌های مهندسی با توانایی کمتر، به عملکرد ضعیف‌تر گرایش دارند [۱۸].

همچنین، آیزنک بیان می‌کند که تفاوت‌های فردی دانشجویان و مهندسان بر وظیفه یا درس در حال یادگیری تأثیر می‌گذارد و به همین دلیل، این نتایج برای افراد مختلف، متفاوت است [۱۹].

نتایج چنین تفاوت‌هایی اغلب در تعامل صفات - رفتار نشان داده می‌شوند که بیانگر این واقعیت ساده هستند که افراد با ویژگی‌های معینی در موقعیت‌های یادگیری بهتری هستند، اما در موقعیت دیگری ممکن است چنین نباشد. بعضی از تفاوت‌های فردی مهم که در محیط‌های آموزشی باید در نظر گرفته شوند شامل توانایی‌های شناختی، وظیفه‌شناسی و باز بودن نسبت به تجارب دو بعد مهم شخصیت در پرسشنامه NEO است. پژوهش حاضر هر چند به طور مستقیم در کلاس‌های درس مهندسی انجام نشده است، اما با توجه به نمونه مهندسان و ابزار و مواد آموزشی به کار رفته تلویحات آن برای آموزش مهندسی بسیار با اهمیت است. در ادامه مقاله اثربخشی خطا بر روی خلاقیت و برنامه‌ریزی و تفکر مستقل از میدان دانشجویان بررسی شده است. خلاقیت و نوآوری یکی از عناصر اصلی در پژوهشها و تحقیقات همه علوم است [۲۰]. از طرف دیگر، ما در عصری زندگی می‌کنیم که تغییرات در ابعاد گوناگون و با سرعتی فزاینده صورت می‌گیرد و بدیهی است

که این تحولات و تغییرات مدیون تفکر خلاق بشر است؛ به عبارت دیگر، تمام دستاوردها، از ابتدایی ترین تا پیچیده ترین آنها، حاصل ذهن پویا و آفریننده انسان است. به رغم ماهیت مهم و فراگیر خلاقیت روانشناسان و محققان تعلیم و تربیت به ندرت آن را مورد توجه قرار داده اند [۲۱]. هدف مقاله ارائه شرایط آزمایشی به گونه ای است که اگر افراد اجازه یابند مرتکب خطا شوند خلاقیت آنها بهبود می یابد، زیرا خلاقیت در شرایطی که ارزشیابی کمتر شود بیشتر ظهور خواهد یافت، زیرا فرد نگران خطای خویش نیست. همچنین، چون افراد به شقوق دیگر بیشتر توجه می کنند، توانش ذهنی برنامه ریزی آنها نیز باید بهبود یابد. همچنین، با توجه به اینکه وابستگی به میدان که به دلیل ارزشیابی پاسخها کاهش می یابد، افراد کمتر به میدان وابسته می شوند و تفکر مستقل از میدان نشان خواهند داد. رویه اجرای پژوهش در ادامه توضیح داده شده است.

۳. روش کار

دانشجویان رشته های مختلف مهندسی به خصوص رایانه، شیمی و طراحی صنعتی بوده اند که در پاسخ به فراخوان یکی از شرکتهای صنعتی در شهر اصفهان برای جذب و گزینش مراجعه کرده بودند. انتخاب این افراد بدین دلیل بود که آنها در مقابل مسائل عملی صنعت در ارتباط با رشته خود قرار گیرند. همچنین، مجموعه آزمونهای صنعتی فلانگان بر روی آزمودنیها اجرا شد [۲۲ و ۲۳]. همزمان مداخله آزمایشی برای بررسی تأثیر آموزش خطا بر بهبود تواناییهای شناختی اجرا شد. آزمودنیها در ابتدا نمی دانستند که در بخشی از یک تحقیق قرار داده شده اند. مسائلی که به آنها داده شده بود با رشته آنها هماهنگی داشت. با توجه به اینکه داوطلبان انگیزه بسیار بیشتری نسبت به غیر داوطلبان داشتند [۲۴]، از نمونه ای از داوطلبان در تحقیق حاضر استفاده و به آنها گفته شد در صورت موفقیت بیشتر نتایج به شرکت مزبور گزارش خواهد شد و به همین دلیل، آزمودنیها از انگیزه بسیار بالایی برخوردار بودند. برای کنترل خطایی که از نارساییهای شناختی حاصل می شود مقیاس نارساییهای شناختی (CFQ) بر روی آنها اجرا شد [۲۵] و کسانی که نمره بالایی در این مقیاس آوردند از پژوهش کنار گذاشته

شدند ($n=2$)، زیرا در دستورالعمل مداخله آزمایشی (تشویق به خطا کردن) مداخله داشت. استفاده از این مقیاس برای انتخاب نمونه بوده و نتایج آن در محاسبات آماری دخالت داده شده است. ۱۵ نفر در گروه آزمایشی و ۱۵ نفر در گروه کنترل قرار گرفتند. دو نمونه از نظر سطح دانشگاه و رشته‌های تحصیلی هماهنگ شدند، در هر گروه ۵ نفر مهندس شیمی، ۳ نفر مهندسی نرم‌افزار رایانه، ۲ نفر طراح صنعتی، ۲ نفر مهندس مکانیک و ۳ نفر مهندس الکترونیک قرار گرفتند. مسائل ارائه شده به هر دو گروه یکسان بود، با این تفاوت که در گروه آزمایشی به افراد گفته شد که کمیت پاسخها، نه کیفیت آنها اهمیت دارد و بنابراین، اگر آنها پاسخهای غلط ارائه کنند اهمیت چندانی ندارد [و ارزشیابی بر مبنای کیفیت پاسخها انجام نخواهد گرفت] و به عبارت دیگر برای پاسخهای غلط تشویق خواهند شد. در صورتی که در گروه کنترل چنین دستورالعملی داده نشد و به این ترتیب، آنها در پی پاسخ های صحیح بودند. میانگین سنی در گروه آزمایشی ۲۴/۵۹ (انحراف معیار ۱/۲۴) و در گروه کنترل ۲۴/۲۷ (انحراف معیار ۱/۱۶) بود و تفاوت دو گروه معنی دار نبود. بنابراین، در گروهی که ارزشیابی از پاسخها حذف شده بود، افراد با آزادی عمل بیشتر پاسخهای مورد نظر را ارائه می‌کردند. برای ایجاد موقعیت حل مسئله از ابزار و مواد آموزشی زیر استفاده شود.

۱.۳. ابزار و مواد آموزشی: مجموعه‌ای از سؤالهای مورد نظر در صنعت با مراجعه به شرکتهای صنعتی اصفهان به دست آمد، مثلاً در واحد پلی اکریل شبیه سازی برای واحد بازیابی اکریلیک مورد نظر بود که گزینه مورد نظر یک نرم افزار با قابلیت شبیه سازی دقیق عملیاتی بود که باید اطلاعات عملیاتی و شرایط آن در رایانه و شبیه سازی فرایند کلیه اطلاعات لحظه به لحظه درخصوص شرایط عملیاتی، مشخصات فنی دستگاه و عکس العمل سیستم در تغییرات اعمال شده به دست می‌آمد. مسئله به گونه ای طراحی شده بود که تطبیق معادلات حالت بر سیستم نیاز به کارخلاقانه و نوآورانه داشت و مسائل از نوع مسائل خوب تعریف شده نبود. به طور کلی دو نوع مسئله در روان‌شناسی شناختی تعریف شده است که نوع اول خوب تعریف شده است و جواب آن به سهولت و با استفاده از فرمولها و مواد درسی

به دست می‌آید. مسائل دوم که خوب تعریف شده نیستند برای موقعیتهای حل مسئله و خلاقیت بیشتر مناسب هستند، زیرا جواب آنها به راحتی در دسترس نیست و فرد باید با استفاده از روشهای خلاق آنها را پاسخ گوید. به همین دلیل، مسائل به صورتی انتخاب شدند که راه حل آنها به بهره گیری از شیوه‌های غیر معمول نیاز داشت و بنابراین، همه افراد نمی‌توانستند پاسخ مورد نیاز را ارائه کنند. بدین صورت، پراکندگی در دامنه پاسخها افزایش می‌یافت و راه حل مشخصی ایجاد نمی‌شد و زمینه برای یافتن پاسخهای متعدد فراهم می‌شد. یک تفاوت بین مسائل خلاق و هوشمند این است که راه‌حلهای خلاق بر خلاف راه‌حلهای هوشمند از قبل تعیین شده نیستند و بنابراین، راه حلی که یک آزمودنی ایجاد می‌کند ممکن است در فکر طراح سؤال از قبل وجود نداشته باشد. مثلاً یکی از مسائل در صنعت مربوط به کارکنان دفتری بود که مشکلات اسکلتی-عضلانی متعددی داشتند و ابزارها باید به گونه ای طراحی می‌شدند که جلو پیشرفت این بیماریها گرفته شود. این مسئله‌ای بود که در معاونت عمرانی شهرداری به دلیل ساعات متمادی کار با رایانه وجود داشت. از نظر ارگونومیکی صفحه کلید کامپیوتر این مشکلات را افزایش می‌دهد و صفحه‌های کلید باید برای کاهش این مشکلات مد نظر قرار می‌گرفتند؛ به عبارت دیگر، یک مسئله از نوع طراحی صنعتی در اینجا مورد نظر بود. پاسخ مورد تأیید متخصصان ارگونومی و طراحی صنعتی برای این مسئله این بود که موشواره را باید در سطحی پایین تر از سطح میز رایانه و معمولاً بر روی پاهای آزمودنی به گونه ای طراحی می‌کردند که بر روی زمین نیفتاده و قابلیت‌های پاسخ آزمودنی در موقعیتهای متنوع را فراهم سازد و با چرخشهای دست و گردن متناسب باشد. پاسخهای آزمودنیها در هر گروه توسط گروهی متخصص از افراد ارزشیابی شد، برای مثال در باره مسئله ارگونومیکی یاد شده، سه نفر از ارگونومیستها با گرایش بهداشت حرفه‌ای، روانشناسی صنعتی و تربیت بدنی پاسخها را ارزشیابی کردند و ضریب توافق بین آنها بیش از ۰/۸ و مطلوب بود و ابزارهای اصلی پژوهش در پایان بر روی آزمودنیها اجرا شد.

۳. ۲. ابزارهای پژوهش: ابزارهای پژوهش در تحقیق حاضر از مجموعه آزمونهای صنعتی فلانگان بود که نتایج آزمودنیها از پژوهش آرشیوی که بر روی همه داوطلبان گزینش در سازمان مزبور اجرا شده بود استخراج شد. پس از پایان تحقیق آزمایشی بر روی ۳۰ نفر از افراد در گروه آزمایشی و کنترل عیناً این آزمونها اجرا و با آزمون آماری t گروههای مستقل نتایج در دو گروه مقایسه شد. این مجموعه آزمونها نخستین بار توسط عریضی [۲۳ و ۲۲] در شرکتهای صنعتی مجتمع فولاد مبارکه، شرکت فولاد کاویان اهواز و شرکت فولاد اهواز به کار رفته و هنجاریابی و پایایی سنجی شده بود. همه آزمونهای زیر در پژوهش یاد شده وجود دارد:

آزمون اجزا^۱: در این آزمون افراد باید شکل ساده‌ای را که در طراحی پیچیده‌تر نهفته است پیدا کنند. شکلهای یافته شده نباید چرخش یا تغییر اندازه‌ای از شکل ساده‌ای باشند که هدف آزمون است. این آزمون مشابه آزمون شکلهای نهفته است و استقلال و وابستگی به میدان را می‌سنجد. افرادی که در این آزمون روانشناسی موفق شوند، می‌توانند هدف و زمینه را از یکدیگر بهتر تفکیک کنند.

آزمون برنامه ریزی^۲: در این آزمون در سه مورد نمونه جدید یک ماشین، دوره آموزشی در واحد صنعتی و نمونه یک محصول، طرحهای اولیه‌ای ارائه شده است. آزمودنی باید برای بهبود این طرحها پیشنهادهای مناسبی را که در گزینه پاسخ آمده است، را بیابد.

آزمون ابتکار^۳: در این آزمون آزمودنیها را در موقعیت حل مسئله یا یافتن یک پاسخ ابتکاری باید راه حل مناسب را بیابند. برای راهنمایی آنان حروف اول و آخر گزینه پاسخ در گزینه پاسخها وجود دارد. در همه گزینه ها تعداد حروف یکسان است و کلماتی به عنوان پاسخ در نظر گرفته شده‌اند که جایگزین نزدیک به گزینه پاسخ هستند.

-
1. Component
 2. Planning
 3. Ingenuity

آزمون قضاوت و درک مطلب^۱: این آزمون میزان درک آزمودنیها را از مطلبی که خوانده می‌شود اندازه‌گیری می‌کند. آزمودنیها در هر مورد متن ارائه شده را می‌خوانند و سپس به سؤالهای آن از متن آمده است پاسخ می‌دهند.

۴. یافته‌ها:

مطالعه درباره آموزش مهندسی در کشورمان معمولاً بیشتر بر یافته‌های پژوهشهای آرشیوی، مطالعات مروری و مطالعات کتابخانه‌ای و در بهترین حالت بر پژوهشهای رابطه‌ای متمرکز بوده است، در حالی که مداخله برای تصمیم‌گیری آموزشی بیشترین اهمیت را دارد.

در جدول ۱ نتایج مقایسه دو گروه در آزمون ابتکار آورده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود میانگین گروه آزمایشی بطور معنی داری از میانگین گروه گواه بالاتر است.

جدول ۱: نتایج مقایسه دو گروه در آزمون ابتکار

شاخص آماری آزمون ابتکار	میانگین	انحراف معیار	واریانس	واریانس ادغام شده	۴ گروههای مستقل	پایایی آلفای کرونباخ	پایایی باز آزمایی
گروه آزمایشی n=۲۰	۶/۴۲	۱/۰۳	۱/۰۸	۰/۳۲	۴/۵۳*	۰/۷۴	۰/۶۹
گروه گواه n=۲۰	۴/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۶				

همان‌طور که در جدول ۱ دیده می‌شود، تفاوت دو گروه در ابتکار معنی دار است؛ به عبارت دیگر، آموزش بر بهبود ابتکار در گروه آزمایشی تأثیر داشته است. در جدول ۲ نتایج مقایسه دو گروه در آزمون قضاوت و درک مطلب آورده شده است. یافته‌ها نشان از بی‌تأثیر بودن آموزش بر قضاوت دارد.

جدول ۲: یافته های توصیفی و استنباطی مربوط به آزمون قضاوت و درک مطلب

شاخص آماری آزمون ابتکار	میانگین	انحراف معیار	واریانس	واریانس ادغام شده	T گروه های مستقل	پایانی آلفای کرونباخ	پایای باز آزمایشی
گروه آزمایشی n=۲۰	۶/۷۲	۱/۴۵	۲/۱۰	۱/۹۷	۰/۴۴	۰/۷۳	۰/۷۱
گروه گواه n=۲۰	۵/۸۶	۱/۳۹	۱/۹۲				

همان طور که جدول ۲ دیده می شود، تفاوت دو گروه در قضاوت معنی دار نیست؛ به عبارت دیگر، آموزش بر بهبود قضاوت در گروه آزمایشی تأثیر نداشته است. در جدول ۳: نتایج مقایسه دو گروه در آزمون برنامه ریزی یافته ها نشان می دهد که میانگین گروه آزمایشی به طور معنی داری از گروه گواه بالاتر است.

جدول ۳: یافته های توصیفی و استنباطی مربوط به آزمون برنامه ریزی

شاخص آماری آزمون ابتکار	میانگین	انحراف معیار	واریانس	واریانس ادغام شده	T گروه های مستقل	پایانی آلفای کرونباخ	پایای آزمایشی
گروه آزمایشی n=۲۰	۵/۲۲	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۲۹	*۶/۵۹	۰/۷۸	۰/۷۴
گروه گواه n=۲۰	۳/۳۱	۰/۸۷	۰/۷۶				

$$* = p < 0.05$$

مطابق جدول ۳ : تفاوت دو گروه در برنامه ریزی معنی دار است؛ به عبارت دیگر، آموزش در آزمون برنامه ریزی در دو گروه آزمایشی تأثیر داشته است. در جدول ۴ نتایج

مقایسه دو گروه در آزمون اجزا یافته‌ها نشان می‌دهد که میانگین گروه آزمایشی به طور معنی داری از گروه گواه بالاتر است.

جدول ۴: یافته‌های توصیفی و استنباطی مربوط به آزمون اجزا

شاخص آماری آزمون ابتکار	میانگین	انحراف معیار	واریانس ادغام شده	واریانس گروه‌های مستقل	t	پایائی آلفای کرونباخ	پایائی آزمایی
گروه آزمایشی n=۲۰	۸/۲۱	۱/۲۶	۱/۵۹	۰/۳۹	۰/۶۱*	۰/۷۸	۰/۷۴
گروه گواه n=۲۰	۶/۷۴	۱/۱۷	۱/۳۷				

$$* = p < 0.05$$

همانطور که در جدول دیده می‌شود، تفاوت دو گروه در اجزا معنی دار است، به عبارت دیگر آموزش بر بهبود اجزا در گروه آزمایشی تأثیر داشته است.

۵. نتایج:

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تشویق به خطا کردن در بهبود آموزش مهندسی بسیار مؤثر است و تواناییهای شناختی آزمودنیها را افزایش می‌دهد. در این جا با یک تحقیق تجربی نشان داده شد که آزمودنیها هم در کمیت و هم در کیفیت پاسخها بهبود زیادی را در نتیجه برنامه آزمایشی موجب شدند که این نتیجه به دلیل تشویق به خطا کردن حاصل شده است. بدین ترتیب، رویکرد شرکت تویوتای ژاپن که مهندسان خود را تشویق می‌کند به خطا کردن و برای خطاهای آنها جایزه‌ای در نظر می‌گیرد. در پرتو این یافته‌های آزمایشی رویکرد بسیار مؤثری است که افزایش بهره‌وری سازمان نشان دهنده نتیجه استفاده از این رهیافت است.

برای استادان مهندسی در دانشگاه‌های ایران این رویکرد می‌تواند از صرف ارائه دانش اظهاری به دانشجویان فراتر رود. البته، این رابطه مستلزم فعالیت بیشتر استادان و یافتن مثال‌های مناسب برای ارائه به دانشجویان و تشویق آنها به تولید پاسخهای آزمایشی بیشتر است که ترس از ارزشیابی را نیز کاهش می‌دهد و پاسخهای خلاقانه را تشویق می‌کند. باید توجه داشت که نتایج پژوهش حاضر با رویکرد رفتارگرایی که در آن پاسخهای غلط باید با تنبیه همراه شوند سازگار نیست، اما با رویکردهای روانشناسی خلاقیت از قبیل طوفان مغزها (آزبورن)، تفکر واگرا (گیلفورد)، تفکر خلاق (تورنس)، تفکر عمودی (دوونو) و تفکر بار آور (ورتهایمر) هماهنگ است. همان طور که دیده می‌شود، به تأخیر انداختن ارزشیابی در بهبود قضاوت دانشجویان تأثیر مثبت دارد، بدین دلیل که ارزشیابی دامنه پاسخها را محدود می‌کند و این محدودیت ممکن است سبب شود بهترین پاسخها حذف شوند. همچنین، مداخله آزمایشی به افزایش خلاقیت منجر می‌شود. دلیل این مسئله با توجه به نظریه‌های خلاقیت قابل تبیین است که تولید پاسخ بیشتر به معنای خلاقیت بالاتر است و تولید پاسخ بیشتر هم از طریق تعویق ارزشیابی میسر است [۲۶]. همچنین، مداخله آزمایشی به استقلال از میدان بالاتری منجر شد که نشان می‌دهد امکان تفکیک زمینه از هدف افزایش می‌یابد. بنابراین، استادان رشته‌های مهندسی باید در کلاس درس مسائلی را مطرح سازند و از دانشجویان بخواهند که هر تعداد پاسخ لازم را که می‌توانند ارائه کنند و نگرانی ارزشیابی بلافاصله را کاهش دهند تا دانشجویان در فضای ذهنی بازتری پاسخها را تولید کنند. یافته‌های حاضر هر چند عیناً در کلاس درس به دست نیامده است، اما محیط آن زمینه مناسبی برای خلاقیت دانشجویان فراهم می‌ساخت که با توجه به انگیزه آنان برای استخدام مضاعف بود. تشویق به تولید پاسخ بیشتر بدون نگرانی از ارزیابی و خطا بودن پاسخ با رهبری تحولی هماهنگ است که نشان داده شده است با خلاقیت نیز ارتباط دارد [۲۷].

مراجع

1. k. Ivancic, & B. Hesketh., "Making the best of errors during Training", **Training Research Journal**, Vol. 1, pp. 103-125, 1995/1996.
2. C.R. Nordstrom, D. Wend land, & K.B. Williams, "To err is human: An examination of the effectiveness of error management training", **Journal of Business and Psychology**, Vol.12 (3), pp. 269 -282, 1998.
3. G.P., Latham, **Behavioral Approaches to the Training and Learning Process**, In I. L. Goldstein (Ed.), **Traning and Development in Organizations**. San Francisco: Jossey- Bass, pp. 256-295, 1989.
۴. اکبر خداپرست حقی، "دیدگاه نوین در آموزش مهندسی: ارتقاء از مدل‌های سنتی به راه‌کارهای خلاق"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال هفتم، شماره ۲۸، زمستان ۱۳۸۴.
۵. سعید شاکرین، "ارزشیابی آموزش مهندسی مکانیک در قرن ۲۱ در آمریکا"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال ششم، شماره ۲۲، تابستان ۱۳۸۳.
6. T. Dormann, & M. Frese, "Error training: Replication and the function of exploratory behavior", **International Journal of human - Computer Interaction**, Vol. 6, pp. 365-372, 1994.
7. S. B. Sitkin, " Learning through failure: The Strategy of Small Losses". **Research in organizational Behavior**, Vol. 14, pp.231-266, 1992.
- 8 E.M. Smith, J.K Ford, & S.W.J. Kozlowski, **Building Adaptive Expertise: Implications for Training Design**, In M. A. Quinones & A. Ehrenstein (Eds.), **Training for a Rapidly Changing Workplace: Applications of Psychological Research**. Washington, DC: American Psychological Association, pp. 89-118, 1997.
۹. شمسی راحمی، منصور طاهری، "آموزش رکن اساسی ارتقای فرهنگ محیط زیست"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال ششم، شماره ۲۴، زمستان ۱۳۸۳.
۱۰. علیرضا منصوریان، فاطمه حیدریان نائینی، "لزوم آموزش مباحث خلاقیت و نوآوری در دانشگاهها"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال هشتم، شماره ۳۲، زمستان ۱۳۸۵.
11. J. K. Ford , E. M. Smith, D. A. Weissbein, S. M. Gully, & E. Salas, "Relationships of Goal Orientation, Metacognitive activity", and Practice Strategies with Learning Outcomes and Transfer. **Journal of Applied Psychology**, Vol. 83, 218-233, 1998.

12. K. Kraiger, J. K. Ford, & E. Salas "Application of cognitive, Skill- Based, and Affective Theories of Learning Outcomes to New Methods of Training Evaluation"; **Journal of Applied Psychology**, Vol. 83, pp.311-328, 1993.
۱۳. به نقل از فاطمه فاضلی، حمیدرضا عریضی و محسن گل پرور، "تأثیر توانائی شناختی در آموزش ترغیب به خطا در انجام یک تکلیف رایانه‌ای شبیه‌سازی شده"، هفته پژوهش دانشگاه اصفهان، ۱۳۸۶.
14. Anderson, J. R. *Cognitive Psychology and its Implications* (2nd ed.), New York: Freeman, 1985.
15. M. Frese, M., & A. Altmann, **The Treatment of Errors in learning and Taining**. In L. Bain Bidge S. A. R. Quintanilla (Eds.), *Developing Skills with New Technology* Chichester, England: Wiley, pp. 65-86, 2002.
16. M. Frese, F. Brodbeck & T. Heinbokel, C. Mooser, E. Schleiffenbaum, & p. Thiemann, **Errors in training Computer Skills: On the positive Function of Errors**, *Human - computer Interaction*, Vol.6, pp. 77-93, 1991.
17. K. M. Fisher, & J. I Lipson. "Twenty questions about Student errors", **Journal of Research in science Teaching**, Vol.23, pp. 783-803, 1986.
18. R. E. Snow, **Individual Differences and the Design of Educational Programs**, *American Psychologist*, Vol. 41, pp. 1029-1039, 1986.
19. H. J. "Eysenck, Personality and Experimental Study of Education", **European Journal of Personality**, Vol. 10, pp.427-439, 1996.
۲۰. علیرضا منصوریان، "کاربرد خلاقیت بیونیکی در مهندسی"، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال پنجم، شماره ۲۰، زمستان ۱۳۸۲.
۲۱. ناصر بهروزی، "ضرورت پرورش خلاقیت در آموزش عالی"، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال هشتم، شماره ۲۹، بهار ۱۳۸۵.
۲۲. حمیدرضا عریضی، "پیش‌بینی تأخیر و میل به ماندن کارکنان فنی مجتمع فولاد مبارکه از نمره آنها در مجموعه آزمونهای صنعتی فلانگان (FITB)"، **مجله علمی پژوهشی دانشگاه اصفهان**، جلد ۱۳، شماره ۱، صص. ۲۷۴-۲۴۹، ۱۳۸۱.
۲۳. حمیدرضا عریضی، "رابطه مجموعه آزمونهای صنعتی فلانگان با عملکرد کارکنان مجتمع فولاد مبارکه"، **مجله علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه اهواز**، سال هفتم، شماره ۳ و ۴، صص. ۲۸-۱، ۱۳۸۱.

حمیدرضا عریضی، آزاده عسکری و مریم السادات اخباری ۴۷

۲۴. بورگ و گال، ترجمه احمدرضا نصر، حمیدرضا عریضی و دیگران، **روشهای کمی و کیفی تحقیق در روان‌شناسی و علوم تربیتی**، جلد اول، فصل ششم، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی و سمت، ۱۳۸۲.

25. D. E., Broadbent, P.F. Cooper., Fitzgerald, P. and Parkes, K.R., (1982). "The Cognitive Failures Questionnaire (CFQ) and Its Correlates. **British Journal of Clinical Psychology**, Vol. 21, pp. 1-16, 1982.

۲۶. جهان‌شاه محمدزاده، "پایایی سنجی و اعتبار یابی مجموعه آزمونهای ساختار هوش (SOI) میکرو"، پایان نامه دکتری به راهنمایی دکتر حمیدرضا عریضی و دکتر حسین مولوی، دانشگاه اصفهان، آبان ۱۳۸۶.

۲۷. حمیدرضا عریضی، عالیہ حقیقی، "رابطه سبکهای رهبری تحولی و تبادلی با خلاقیت کارکنان صنعت". مقاله ارائه شده به همایش خلاقیت و سبکهای رهبری، دانشگاه آزاد شهرکرد، ۱۳۸۶.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۶/۸/۲۷)

(تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۶/۱۲/۵)