فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال بیست و سوم، شماره ۸۹، بهار ۱۴۰۰، صص. ۸۵-۶۵

ارزیابی تأثیر به‌کارگیری روش تریز در میزان خلاقیت و ایده‌پردازی برای آموزش بازطراحی محصولات توسط دانشجویان طراحی‌صنعتی

زهرا مریخ‌پور[۱]، وحید چوپانکاره[۲] و شبنم سمیعی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۴

DOI: 10.22047/ijee.2021.247595.1777

چکیده: در دنیای امروز طراحی، خلاقیت به‌عنوان مهارت ضروری برای طراحان و بخشی از روند آموزشی دانشجویان طراحی‌صنعتی محسوب می‌شود. یکی از چالش‌های قابل‌توجه در آموزش طراحی، درک و انتقال مفهوم خلاقیت به دانشجویان و راهنمایی آنها جهت به‌کارگیری روش‌های مختلف آن به‌عنوان ابزاری مؤثر در روند ایده‌پردازی است. هدف از این مطالعه بررسی میزان کارآیی کمی و کیفی به‌کارگیری روش خلاقانهٔ تریز توسط دانشجویان طراحی‌صنعتی در طراحی محصول برمبنای اصول چهل‌گانه تریز، موئلفه[۴]های آن و ماتریس تناقضات است. بر مبنای فرضیهٔ اصلی آموزش فراگیر، روش‌های این‌چنینی منجر به کاهش سردرگمی احتمالی دانشجویان در حل مسائل پیچیده و پیدا کردن عملکردهای یکپارچه توسط آن‌ها می‌شود. پژوهش بر روی ۲۰ دانشجوی نیم‌سال ششم مقطع کارشناسی طراحی‌صنعتی در قالب درس پروژه چهار طراحی‌صنعتی (پروژه خلاقیت) انجام گرفت و از دانشجویان خواسته شد تا به ایده‌پردازی و طراحی مجدد محصولات انتخابی توسط خود آنها بر مبنای اصول چهل‌گانه تریز و ماتریس تناقضات بپردازند. یافته‌ها در این پژوهش نشان داد که به‌کارگیری روش تریز به‌طور مشخص بر قابلیت تحلیل دانشجویان در فرایند طراحی محصول اثر مثبت داشته است و منجر به درک کامل‌تری از عمق یک مسئله، تولید راه‌حل‌های جدیدتر و افزایش میزان خلاقیت در ایده‌پردازی گردید.

واژگان کلیدی: خلاقیت، طراحی محصول، ایده‌پردازی، روش تریز، ماتریس تناقضات

۱- کارشناس ارشد. دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. (نویسنده مسئول) z.merrikhpour@basu.ac.ir
۲- استادیار، گروه آموزشی طراحی صنعتی، پردیس هنرهای زیبا دانشگاه تهران. تهران. ایران. choopankareh@ut.ac.ir
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد طراحی صنعتی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران. shabnam.samiei@gmail.com
۴- موئلفه برابرنهاده پارامتر است.

۱. مقدمه

خلاقیت دارای مفاهیم گسترده‌ای است و نمی‌توان برای آن تعریف واحدی ارائه کرد. در ادبیات تخصصی، "خلاقیت" به‌عنوان فرایند تحقق چیزی جدید و مفید تعریف شده است (Amabile,1996). می‌توان آن را روشی برای برآورده کردن نیازهای برآورده‌نشده مشتری (Ulwick, 2002)، انجام کارهای بهتر از طریق تلفیق عملکرد، دانش و خلاقیت (Mann, 2004)، اقدام به معرفی چیزی جدید (Wolfe, 1994)، ترکیبی از نوآوری و ریسک‌پذیری (Byrd, 2003) یا تولید ایده‌های اصیل، بالقوه و کارآمد برای حل یک مسئله دانست، فرایندی که از توالی افکار و اعمال شکل می‌گیرد و در نهایت منجر به تولید می‌شود (Torrance, 1963; Osborn 1953; Farid et al.,1993).

در طی سالیان متمادی، محققان معتقد بودند، خلاقیت مختص افراد ویژه خلاق با قابلیت منحصربه‌فردی است که توانایی حل یک مسئله را با استفاده از روش‌های نادر دارا هستند، بااین‌حال این فرضیه به‌تدریج توسط روانشناسان مورد انتقاد قرار گرفت و منجر به تمرکز روی درک و پرورش خلاقیت در همه افراد گردید (Keller, Lavish, 2007; Wardet al., 1999). با توجه به نقش مهم خلاقیت در زندگی روزمره، آموزش و تلاش در فراگیر کردن فرایند خلاقیت، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (Amabile، 1996؛ Csikszentmihalyi, 1996؛ Sawyer, 2006).

امروزه با توجه به اهمیت و ضرورت به‌کارگیری خلاقیت در حیطه‌های مختلف، خلاقیت از حاشیهٔ آموزش خارج شده و به‌عنوان یکی از جنبه‌های اصلی آموزش مورد توجه قرار گرفته است (Dickhut, 2003). تقویت خلاقیت در آموزش‌وپرورش، برای رفع بسیاری از تنش‌ها و نگرانی‌های دنیای امروز از جمله کنار آمدن با دنیای به‌سرعت درحال‌تغییر و مواجهه با آینده نامشخص، کارآمد به‌شمار می‌رود. به همین دلیل گنجاندن آن در آموزش‌وپرورش، به‌عنوان "مهارت اساسی زندگی" که باید برای آماده‌سازی نسل‌های آینده و شکوفایی آنها مورد توجه قرار بگیرد، امری ضروری است (Parkhurst, 1999).

خلاقیت را می‌توان با آموختن راه‌های «خلاق شدن» و پرهیز از کاربرد رهیافت‌هایی که در حل مشکلات معمول است، افزایش داد. این روش به نام "آموزش مستقیم" معروف است که بر مبنای آن، گرایش افراد به استفاده از راه‌حل‌های رایج در حل مشکلات، منجر به عدم‌به‌کارگیری توانمندی‌ها و ظرفیت‌های واقعی آنها می‌شود. بنابراین، روش آموزش مستقیم که در جستجوی راه‌حل‌های بدیع و نو است، زمینهٔ مساعدی برای رشد اندیشه‌های خلاق فراهم می‌سازد. تجزیه و تحلیل عملکردهای خلاقانه نشان می‌دهد چگونه تعریف یک مسئله در ابتدا، تعیین‌کنندهٔ روش خلاقانه برای حل آن است. مشکلات با توجه به زمینهٔ بروز آنها باید بازتعریف شوند (Isaksen & Treffinger, 2004; Kuo et al., 2014). به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که نوآوری از عناصر اختراع، خلاقیت و عملکرد تشکیل شده است و درک کامل نوآوری نیاز به درک این عناصر اصلی دارد (Samira et al, 2017).

بر اساس مستندات در سال‌های اخیر در کشورهای توسعه‌یافته مانند کشورهای اروپایی، آمریکا، استرالیا و آسیای شرقی، آموزش خلاقیت با جهش قابل‌توجهی همراه بوده و فلسفه آموزشی در مدارس

و دانشگاه‌ها بر مبنای رشد خلاقیت و خودآگاهی افراد توسعه یافته است. این در حالی است که در بسیاری از کشورهای درحال‌توسعه، خلاقیت نادیده گرفته می‌شود (Oral, 2006). سینلارات معتقد است که کشورهای آسیایی "مصرف‌کننده" محصولات غربی هستند و این امر به مرور موجب ازدست‌رفتن "هویت" و "سعادت" افراد در این جوامع می‌شود. به اعتقاد او برای غلبه بر این وابستگی، لازم است آسیایی‌ها "خلاق و مولد" شوند و همین امر آموزش‌وپرورش خلاقیت را برای کشورهای آسیایی به امری ضروری تبدیل می‌کند (Sinlarat, 2002). امروزه با اطمینان می‌توان از خلاقیت به‌عنوان "پدیده‌ای جهانی" نام برد (Boyd, 2009)، که نیاز به آموزش آن در سطح جهانی، راه‌حلی مؤثر برای حل مشکلات فعلی شناخته می‌شود. آموزش خلاقیت در محیط دانشگاه‌ها می‌تواند با روشی "کارآمدتر" انجام شود و منجر به به‌کارگیری آن "نه فقط در بین نخبگان بلکه در بین انبوه دانشجویان" گردد .(Walberg, 198) به‌عنوان یکی از حوزه‌های خاص خلاقیت، خلاقیت دانشگاهی یا علمی علاقه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. خلاقیت دانشگاهی شامل تجزیه و تحلیل فرایندهای خلاق به منظور یادگیری و به‌کار گرفتن آنها می‌باشد (Kaufman, 2012).

۲. فنون[۱] خلاقیت

توسعهٔ روش‌های حل مسئله خلاقانه توسط دانشجویان (CPS) از اهداف مهم در آموزش طراحی مهندسی به‌شمار می‌آید. با این حال، فرایندهای شناختی مورد نیاز این روش‌ها درحال‌حاضر به‌خوبی درک نشده است. (Dumas,2016). فنون خلاقیت به‌عنوان ابزاری برای رشد و افزایش توان فردی در تمام مراحل فرایند حل مسئله به‌شمار می‌آید. روش‌های مختلفی برای افزایش نوآوری وجود دارد که تمامی این روش‌ها مبتنی بر احساسات هستند و محور اصلی تمام این فنون، شکستن قالب‌های ذهنی است. به‌طورکلی فنون خلاقیت از نظر استفاده‌کننده به سه دسته فنون خلاقیت فردی، خلاقیت گروهی و خلاقیت فردی-گروهی تقسیم می‌شوند (جدول ۱).

جدول ۱. فنون خلاقیت

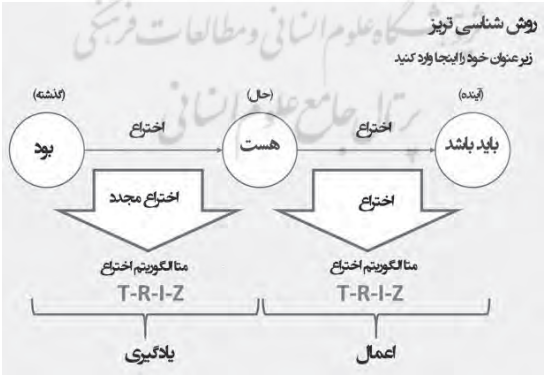
فنون خلاقیت-فردی	فنون خلاقیت-گروهی	فنون خلاقیت فردی-گروهی
تعمق/ Meditation	ایده کاتور/ Ideatoon technique	ارتباط اجباری/ Forced association
توهم خلاق/ Creative illusion	ایفای نقش/ Role playing	اسکمپر/ SCAMPER
انجام بده، انجام بده/ Do it, Do it Technique	تخته داستان/ Storyboards	پرورش پی‌آی‌سی‌ال/ P.I.C.L
رسم علائق/ Doodles	روش T.K.J/ technique T.K.J	پی‌ام‌آی/ P.M.I
خواب خلاقیت/ Creative Dream	جدل/ Dialectic technique	پی‌پی‌سی/ P.P.C
نگاه با چشم ذهن/ View with mind Eyes	روش دلفی/ Delphi method	تحلیل ماتریسی/ Matrix Analyze
حل ناخودآگاه/ Solving the subconscious	سینتیکس/ Synectics	چه می‌شود اگر/ ?...What if

۱- فن برابرنهاده تکنیک است.

ادامه جدول ۱		
نمودار استخوان ماهی/ Fishbone diagram	شش کلاه فکری/ Six thinking hats	تریز/ TRIZ
چک‌لیست اسبورن/ Osborn's Checklist	گروه تخیلی/ Speculative excursion	
	طوفان فکری/ Brain storming	
	طوفان فکری مکتوب/ Brain writing	
	طوفان فکری معکوس/ Inverse brain storming	
	گروه اسمی/ Nominal group	

۳. پیشینه روش تریز

آلتشولر ارائه‌دهنده تریز معتقد است که خلاقیت صرفاً یک امر ذاتی نیست، بلکه اکتسابی و قابل‌آموزش دادن است. تریز با فراهم آوردن چندین راه‌حل در مدت زمان کوتاه، تعداد خطاها و تکرارها را کاهش می‌دهد. واژه TRIZ (تریز) برگرفته‌شده از حروف اول کلمات در عبارت روسی «Teoriya Resheniya Izobrototelskikh Zadatch» و معادل انگلیسی عبارت «TIPS» (Theory of Inventive Problem Solving) به معنی نوعی رویکرد الگوریتمی برای حل ابداعانه مسائل فنی و فناورانه است و بر اساس بررسی پرونده چهارصدهزار ثبت اختراع تدوین شده است (Ilevbareet al., 2013). تریز از طریق شناسایی مشکلات، توسعه سامانه‌ها و یافتن راه‌حل‌های ممکن، می‌تواند در طراحی محصولات مختلف و در زمینه‌های مرتبط با طراحی مهندسی به‌طور مؤثر مورد استفاده قرار گیرد (Russo et al., 2014) (شکل ۱). در فرایند طراحی محصول می‌توان از طریق به‌کارگیری روش تریز، در جهت شناسایی مشکلات و ارتقای محصول و به دنبال آن نمایش موئلفه‌ای آن در ماتریس تناقضات و نهایتاً یافتن راه‌حل مناسب، ایده‌پردازی محصول را توسعه بخشید.



شکل ۱. روش‌شناسی تریز

امروزه به‌واسطه وجود محیط رقابتی شدید در دنیا و نیاز مشتری به محصول باکیفیت بالاتر و هزینه مناسب، نیاز بیشتری به رویکردهای ابداعی در دنیای طراحی ایجاد شده است. از طرفی

تلاش شرکت‌ها برای افزایش بهره‌وری و کارایی محصولات، باید همراه با تحولات علمی باشد (Ekmekci,2019). طراحی محصولات نوآورانه در هر دو زمینه طراحی و مدیریت موضوع مهمی است. محصولات خلاقانه علاوه بر برطرف کردن نیازهای کاربران، منجر به ایجاد ارزش‌های عملکردی، اقتصادی، ارگونومیکی و زیبایی‌شناسی می‌شوند (Guner, 2020). تولید ایده‌های جدید، در موفقیت یک فرایند نقش انکارناپذیری دارد که این امر نیازمند خلاقیت و تفکر خارج از چهارچوب است. تا ابتدای سال ۲۰۰۰ و حتی امروزه، بسیاری از روش‌های مهندسی خلاق، به‌صورت تصادفی و بدون نظم بوده است و با روش‌های علمی پشتیبانی نشده است. در نتیجه ایده‌های تولیدی با استفاده از این روش‌ها، در مرحلهٔ نهایی کم‌اثر هستند (Souchkov, 2018).

با به‌کارگیری روش تریز می‌توان به تولید ایده برای محصول و خدمات جدید و ایجاد بهبود کیفیت سرعت بخشید. با استفاده از این روش تمام مسائل به وظایف بنیادی طراحی‌شان تجزیه و با القای درک کاملی از آن ساده می‌گردند. طراحان به کمک این شیوه، با استفاده از علوم مهندسی مرتبط در مسیر پیدا کردن راه‌حل‌های متعدد و متنوع قرار می‌گیرند(شکل ۲). توجه به این نکته ضروری به‌نظر می‌رسد که اگرچه تریز رویکرد نظام‌مندی برای حل مسئله ارائه می‌دهد، اما چگونگی به‌کارگیری توصیه‌های پیشنهادی آن در طراحی برای رسیدن به راه حلهای جدید، نیازمند خلاقیت و دانش علمی است (Bertoncelli, 2016).

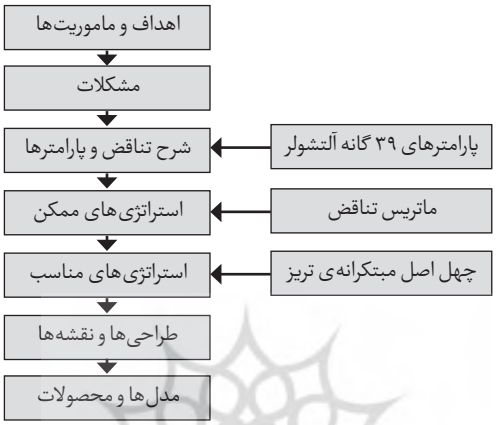
شکل ۲. روند حل مسئله با استفاده از روش تریز

۴. حل مسئله به روش تریز

روش تریز[1] مبتنی بر فرایند تجربی و به‌منظور غلبه بر لختی روان‌شناختی۲ طراحی شده‌است. لختی[1] روان‌شناختی مجموعه‌ای از عادت‌ها، آموزش‌ها، موفقیت‌ها و شکست‌های گذشته و به‌طور خلاصه

۱- لختی برابرنهاده اینرسی است.

چیزی است که با این عنوان از آن یاد می‌کنیم: "ما همیشه این کار را به این روش انجام داده‌ایم". دانش تریز در مواجهه با مسئله‌های ابداعی و به عبارتی در مواجهه با تناقض‌ها، ابزارهای مؤثری مانند ماتریس تناقضات و ۴۰ اصل ابداعی و موئلفه‌های ۳۹گانه را برای شناسایی و رفع تناقض‌ها در سامانه و حل مسئله ابداعی ارائه می‌نماید (شکل ۳).



شکل ۳. رویکرد تریز (Yu-Hung Chien et al., 2016)

تریز یک روش تجربی خلاقیت بر مبنای الگوریتم محسوب می‌شود که طی فرایندی مرحله‌به‌مرحله می‌تواند منجر به نوآوری شود. بر خلاف باور عمومی مبتنی بر غریزی بودن خلاقیت در افراد، فرضیه اصلی در به‌کارگیری این روش امکان آموزش خلاقیت است. دانش تریز با طبقه‌بندی راه‌حل‌های هوشمندانه، طراحان را به سمت ابداع و صرفه‌جویی قابل‌توجه در زمان ایده‌یابی هدایت می‌کند و با توجه به نوع مسائل شناسایی‌شده و محدودیت‌های آن‌ها با انتخاب ابزار حل مسئله، به حل آن اقدام می‌کند (قدیری، ۱۳۹۳). در این پژوهش با توجه به مزایای روش تریز در حل مسائل طراحی، این روش به‌عنوان رروش فردی-گروهی مورد مطالعه و ارزیابی عملی قرار گرفته است (جدول ۲).

جدول۲. مزایای به‌کارگیری روش تریز در حل خلاقانه مسئله

الگوریتم آسان برای دنبال‌کردن روند طراحی	رویکرد ساختاریافته برای حل مسئله	حفظ مزایای محصول اولیه
دست‌یابی به راه‌حل‌های کارآمدتر و خلاقانه‌تر	بررسی چندجانبه موضوع	نتیجه نهایی ایده‌آل
تعداد بالای ایده‌ها	کارآمد بودن برای حل مشکلات مختلف	امکان تمرکز روی مسئله برای شناسایی مشکلات
کاهش تعداد راه‌حل‌های دارای خطا	امکان پیش‌بینی شکست‌های احتمالی	ایجاد زبان مشترک در بین اعضای گروه برای حل مسئله
صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌های احتمالی	تجزیه و تحلیل بخش توسعه مهندسی	

۵. مروری بر اصول تریز

آلتشولر مبتکر تریز پس از بررسی چندصد هزار اختراع متوجه شد که بسیاری از روش‌ها و الگوهای فکری مخترعان در اختراعات بارها و بارها تکرار شده‌است ولی به دلیل عدم‌وجود یک سامانه اطلاع‌رسانی

یکپارچه، همه این الگوها هر بار توسط هر مخترع با صرف هزینه و زمان به‌صورت فردی تجربه شده است. در این بررسی‌ها او متوجه شد که در ۹۵درصد مسائل خلاق بشر، ۱۵۰۰ مسئله مشترک وجود دارد که همواره در طول تاریخ بشر تکرار شده است، در حالی که برای همهٔ آنها فقط چهل راه‌حل خلاق وجود دارد. آلتشولر با بیان این تئوری، از تکرارپذیری مسائل خلاق و راه‌حل آنها و سعی و خطا کردن مخترعان برای رسیدن به راه‌حلی نو جلوگیری کرد. با مروری بر اصول چهل‌گانه تریز در حل هر مسئله، تا حدودی اطمینان حاصل می‌شود که تمام نکاتی که ممکن است باعث ایجاد خلاقیت در حل مسئله شوند، مورد بررسی قرار گرفته‌اند (جدول ۳). توجه به هر یک از این اصول می‌تواند جنبه‌هایی از خلاقیت را در حل مسئله بگنجاند.

جدول ۳. اصول چهل‌گانه تریز۳ (منبع: آلتشولر و شولیاک، ۱۳۹۵)

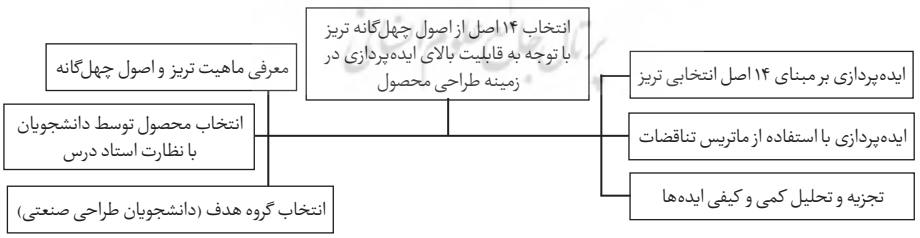
۱. جداسازی	۱۶. عملکرد ناقص، بیش از حد یا مازاد	۲۷. استفاده از جسم ارزان‌قیمت با عمر کوتاه به جای جسم گران‌قیمت و بادوام
۲. استخراج	۱۷. حرکت به ابعادی جدید	۲۸. تعویض یک سامانه مکانیکی
۳. کیفیت موضعی	۱۸. ارتعاش مکانیکی	۲۹. استفاده از ساختار پنوماتیک یا هیدرولیک
۴. عدم‌تقارن	۱۵. پویایی	۳۰. پرده‌های انعطاف‌پذیر یا پوسته‌های نازک
۵. ترکیب کردن	۱۶. عملکرد ناقص، بیش از حد یا مازاد	۳۱. استفاده از تخلخل
۶. جامعیت	۱۷. حرکت به ابعادی جدید	۳۲. تعویض رنگ
۷. تودرتو بودن	۱۸. ارتعاش مکانیکی	۳۳. هم‌جنس و همگن‌سازی
۸. عامل تعادل و توازن	۱۹. عملکرد دوره‌ای	۳۴. ردکردن و بازسازی قطعات
۹. مقابله پیشاپیش	۲۰. تداوم کنش مفید	۳۵. تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی یک جسم
۱۰. کنش پیشاپیش	۲۱. حمله سریع	۳۶. تغییر فاز
۱۱. حفاظت پیشاپیش	۲۲. تبدیل ضرر به سود	۳۷. انبساط حرارتی
۱۲. هم‌پتانسیلی	۲۳. بازخورد	۳۸. استفاده از اکسیدکننده‌های قوی
۱۳. معکوس‌کردن	۲۴. واسطه و میانجی	۳۹. محیط بی‌اثر
۱۴. کروی‌ساختن	۲۵. خدمت‌دهی به خود	۴۰. مواد مرکب
۱۵. پویایی	۲۶. کپی‌کردن	

۶. روش پژوهش

این پژوهش از نظر هدف به‌دلیل جدید بودن موضوع در زمینهٔ مطالعهٔ موردی، تبیینی و با توجه به نداشتن فرضیه دقیق در ابتدای پژوهش اکتشافی است و برای کشف ارتباط بین استفاده از اصول تریز و ماتریس تناقضات با ایده‌یابی در طراحی محصول، از نظر نوع متغیرها تلفیقی از کمی و کیفی است. دانشجویان طراحی‌صنعتی در مقطع کارشناسی به منظور آشنایی با حیطه‌های مختلف طراحی، ۹ پروژه تخصصی را می‌گذرانند که از این میان، پروژه ۴ طراحی‌صنعتی به نام پروژه خلاقیت است. انتظار می‌رود دانشجویان پس از گذراندن این واحد درسی تعدادی از مهم‌ترین و پرکاربردترین فنون خلاقیت گروهی و

فردی را بشناسند و بتوانند در عمل از آنها در انجام سایر پروژه‌های تخصصی استفاده کنند. دانشجویانی که به‌عنوان گروه هدف در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، در غالب واحد درسی پروژه خلاقیت به‌مدت ۱۶ جلسه سه‌ساعته (در مجموع ۴۸ ساعت) به شناخت و تجربه روش‌های خلاقیت طوفان‌فکری، شش کلاه‌تفکر، تریز، نقشه ذهنی و نمودار استخوان‌ماهی پرداختند. یکی از فنون پرکابرد در شکل‌پردازی برای دانشجویان طراحی‌صنعتی، فن خلاقیت تریز است که علی‌رغم پتانسیل بالای آن در ایده‌پردازی، تاکنون پژوهش مدونی در زمینه به‌کارگیری آن در طراحی‌محصول و بررسی میزان اثر بخشی آن صورت نگرفته‌است. انتخاب جمعیت آماری در این پژوهش از محدودیت‌های پیشرو بوده است. با توجه به محدود بودن رشته طراحی صنعتی در دانشگاه‌های کشور و مرسوم نبودن استفاده از روش تریز در پروژهٔ خلاقیت در تمامی دانشگاه‌ها، دسترسی به جامعه آماری بزرگ در این پژوهش امکان‌پذیر نبوده است. علاوه بر این با توجه به محدودیت ارائه دروس رشتهٔ طراحی صنعتی به صورت یک بار در هر سال تحصیلی، در زمان انجام پژوهش تنها یک ورودی از دانشجویان این رشته (نیم‌سال شش کارشناسی) در دانشگاه بوعلی‌سینا درس پروژهٔ خلاقیت داشته که به‌عنوان جامعهٔ آماری انتخاب شده‌اند.

همچنین از آنجایی که مطالعات موردی روش تریز تا پیش از این بیشتر در حوزه‌های مهندسی و فناوری بوده است، انجام این شیوه برای دانشجویان رشته طراحی صنعتی ناآشنا بوده و نظارت دقیق استاد درس بر عملکرد دانشجویان در بازهٔ زمانی چندجلسه‌ای در طول انجام پژوهش ضروری به‌نظر می‌رسید و بنابراین امکان جمع‌آوری داده‌ها از طریق روش‌های غیرمستقیم فراهم نبوده است. بنابراین به‌منظور نظارت مستقیم و همه‌جانبهٔ استاد درس بر عملکرد هر یک از دانشجویان، این پژوهش به‌عنوان بخشی از فعالیت کلاسی آنها در سه جلسهٔ چهارساعته(در مجموع ۱۲ ساعت برای هر یک از دانشجویان) و روی ۲۰ دانشجوی نیم‌سال ۶ مقطع کارشناسی (۱۲ دختر و ۸ پسر) انجام گرفت. مراحل انجام روش پژوهش در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴. مراحل انجام روش پژوهش

در به‌کارگیری روش تریز، در ابتدا ماهیت آن و اصول چهل‌گانه تریز برای دانشجویان معرفی و از هر یک از آنها خواسته شد یک محصول را از حیطه‌های طراحی که به آن علاقه‌مند هستند و نسبت به نحوهٔ عملکرد آن آشنایی کامل دارند، انتخاب کنند. از دلایل عدم‌درنظرگیری محدودیت در انتخاب

محصول، می‌توان به نقش بهینه عملکرد خلاقیت و ایده‌پردازی در هنگام علاقه‌مندی به موضوع اشاره کرد. بعد از بررسی یک‌هفته‌ای محصولات به‌منظور انتخاب مطلوب‌ترین گزینه‌ها برای شروع فرایند انجام عملی روش تریز، بیست محصول نهایی و انتخاب شد (شکل ۵). در بین محصولات انتخابی، سه دانشجو لایتینگ و دو دانشجو شیشه عطر را انتخاب کرده بودند که به‌منظور عدم‌تشابه روند ایده‌پردازی، لایتینگ در سه حالت سقفی، چراغ مطالعه و آباژور و شیشه‌های عطر به‌صورت جنسیت زنانه و مردانه تعریف گردید.

(تصاویر محصولات انتخاب شده توسط دانشجویان برای طراحی مجدد به روش تریز)

شکل ۵. بیست محصول انتخاب‌شده توسط دانشجویان جهت بازطراحی عملی به روش تریز

در ادامه بعد از بررسی‌های گسترده روی قابلیت‌های هر یک از اصول چهل‌گانه تریز، ۱۴ اصل با توجه به قابلیت بالای ایده‌پردازی، درک راحت و کارآمدی در زمینه محصولات مختلف صنعتی انتخاب گردید(جدول ۴).

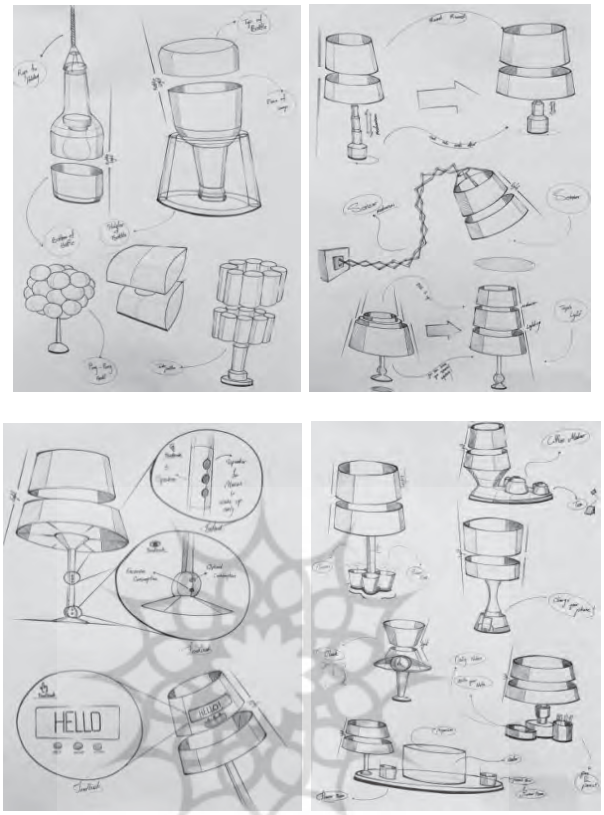
جدول ۴. ۱۴ اصل منتخب جهت طراحی‌مجدد به روش تریز با توجه به قابلیت بالای ایده‌پردازی

شماره اصل	عنوان لاتین	عنوان فارسی	توضیحات
۳	Local quality	کیفیت موضعی	ـ گذر از ساختار همگن جسم یا محیط خارجی (عملکرد بیرونی)، به سوی ساختار ناهمگن ـ واداشتن اجزای مختلف جسم به انجام کارکردهای مختلف. ـ قرار دادن هر قسمت از جسم در شرایطی که عملکرد آن مطلوب‌تر است

ادامه جدول ۴

شماره اصل	عنوان لاتین	عنوان فارسی	توضیحات
۴	Asymmetry	عدم‌تقارن	ـ جایگزین کردن شکل متقارن یک جسم با شکل نامتقارن آن ـ افزایش میزان عدم‌تقارن شکل اولیه در صورت نامتقارن بودن آن
۵	Merging	ادغام (ترکیب کردن)	ـ ترکیب مکانی اجسام مشابه یا اجسامی که برای انجام عملکردهای پیاپی در نظر گرفته شده‌اند ـ ترکیب زمانی عملکردهای مشابه یا پیاپی با یکدیگر
۶	Universality	جامعیت	ـ طراحی عملکردهای چندگانه یک جسم به چند جسم به‌منظور رفع نیاز
۷	Nested doll	تودرتو	ـ قرار دادن جسمی داخل جسم دوم و جسم دوم در داخل جسم سوم ـ گذراندن جسم از داخل حفره‌ای در جسم دیگر.پ
۸	Anti weight	تعادل و توازن	ـ جبران وزن جسم به‌وسیله اتصال‌دادن آن با جسم دیگری که دارای نیروی بالابرنده است یا به‌وسیله نیروهای آیرودینامیکی یا هیدرودینامیکی
۱۳	The other way round	معکوس کردن	ـ به‌کارگیری عملکرد مخالف به جای عملکردی که توسط مشخصات مسئله تحمیل‌شده ـ تبدیل شئ به یک قطعه متحرک، متحرک ساختن قطعات غیرمتحرک
۱۴	Spherically–curvature	کروی ساختن	ـ تعویض قطعه‌های خطی و سطوح مسطح با قطعات و سطوح خمیده و اشکال مکعبی با اشکال کروی،استفاده از غلتک‌ها، توپ‌ها و مارپیچ‌ها
۱۵	Dynamics	پویایی	ـ تنظیم خودکار عملیات جسم در هر یک از مراحل ـ تقسیم جسم به عناصری که بتوانند به‌صورت مرتبط با هم، موقعیت خود را تغییر دهند
۲۳	Feedback	بازخورد	ـ ارائه بازخورد در صورت عدم‌وجود در موقعیت فعلی و معکوس کردن آن در صورت وجود داشتن
۲۷	Cheap short–living objects	بازیافت	ـ تعویض جسم گران‌قیمت با مجموعه‌ای از اجسام ارزان‌قیمت و چشم‌پوشی از برخی مشخصات
۳۰	Flexible shells and thin films	پرده غشایی	ـ تعویض ساختار معمول با غشای انعطاف‌پذیر و پرده‌های نازک
۳۱	Porous materials	تخلخل	ـ متخلخل کردن جسم ـ پر کردن حفره‌ها با ماده در صورت متخلخل بودن جسم
۳۳	Homogeneity	هم‌جنس و همگن‌سازی	ـ برقراری تعامل اجسام با جسم اولیه هم‌جنس خود، یا جنسی با رفتار مشابه جنس خود

شرکت‌کنندگان طی سه جلسهٔ چهارساعته به ایده‌پردازی و طراحی‌مجدد محصولات انتخابی بر مبنای اصول مشخص‌شده تریز پرداختند (شکل ۶).



شکل ۶. ایده‌پردازی با استفاده از اصول چهل‌گانه تریز، (منبع: تمرین کلاسی دانشجویی با موضوع: چراغ مطالعه)

از آن‌جایی که در این روش برای رسیدن به راه‌حل‌های متنوع و خلاقانه تعداد ایده‌های پیشنهادی از اهمیت بالایی برخوردار است، به بررسی و مقایسه مجموع ایده‌های تولیدشده برای اصول مشخص‌شده پرداخته شد. در ادامه دانشجویان با استفاده از جداول ماتریس تناقضات و با توجه به اصول چهل‌گانه تریز در خانه‌های جدول با استفاده از اصل مورد نظر به ایده‌پردازی پرداختند.

۷. تجزیه و تحلیل داده‌ها

در ابتدا، اکثر دانشجویان به توانایی خود در یافتن راه‌حل‌های نوآورانه نامطمئن بودند. حتی خلاق‌ترین شرکت‌کنندهٔ گروه هم از پتانسیل خلاقیت خود و سودمندی ابزارهای خلاقیت که تأثیر آموزش خلاقیت را مورد سؤال قرار می‌دهند، آگاه نبود. اما در ادامهٔ به‌کارگیری روش، ایده‌های ارائه‌شده توسط هر دانشجو برای هر یک از اصول به تعداد قابل‌توجهی رسید. نتایج کمی ایده‌یابی دانشجویان در جدول ۵ نمایش داده شده است.

جدول۵. تعداد ایده‌ها برای هر یک از محصولات منتخب

ردیف	محصول	اصل۳	اصل۴	اصل۵	اصل۶	اصل۷	اصل۸	اصل۱۳	اصل۱۴	اصل۱۵	اصل۲۲	اصل۲۷	اصل۳۰	اصل۳۱	اصل۳۳
۱	اسپری آسم	-	۵	۴	۲	۶	۷	۶	-	۶	۶	-	۶	۶	۶
۲	شیشه عطر	-	۶	-	-	۵	۵	-	۶	۵	۴	۸	۴	۵	-
۳	پرگار	۱	۱۲	۳	۲	۱	۵	۳	۲	۵	۶	۱۵	-	۱۱	-
۴	لایتینگ	۱	۱۰	-	۲	۲	۵	۱	۱۳	۹	۱	-	۲	-	۱
۵	انگشتر	۱	۵	-	۴	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	-	۲	-
۶	هدفون	-	۳	۲	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۳	۴
۷	قوری	-	۷	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۴	۱	۳	-	۱	۲
۸	صندلی غذاخوری	۲	۴	-	۲	۳	۳	۶	۳	۳	۱	۱	۱	۱	۱
۹	موس	۱	۲	-	۲	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	-	۱	-
۱۰	کاناپه	۱	۳	-	۲	۲	۱	۱	۱	۲	-	-	۱	۱	۱
۱۱	شیشه عطر	۳	۲۷	۳	۶	۵	۱۰	۴	۶	۵	۴	۲	۳	۱۱	۸
۱۲	کلاه کاسکت	۲	۴	۵	۳	۴	۴	۲	۲	۵	۱	۲	۳	۳	۳
۱۳	آباژور	۴	۱۰	-	۶	۴	۶	۲	۶	۳	۲	۸	۶	۲	۳
۱۴	حمل آب	۳	۲	۴	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	-	۳	۲
۱۵	لایتینگ	-	۸	۵	۴	۶	۴	۷	۴	۴	۳	-	-	۲	-
۱۶	فلاسک	۵	۳	۶	۴	۳	۶	۳	۵	۳	۶	۴	۲	۳	۵
۱۷	صندلی راحتی	-	۴	-	۵	۲	-	۲	۳	۳	۴	۳	۳	۳	۴
۱۸	کتری برقی	۴	۱۰	۳	۳	۶	۳	۴	۷	۹	۲	۶	۴	۳	۴
۱۹	چمدان	۵	۶	۵	۳	۵	۲	۲	۶	۴	۲	۲	۳	۶	۴
۲۰	کمد دیواری	-	۸	-	۳	۳	۲	۲	۴	۵	۳	۳	۳	۳	۵

۸. بررسی کمی ایده‌ها در اصول انتخابی

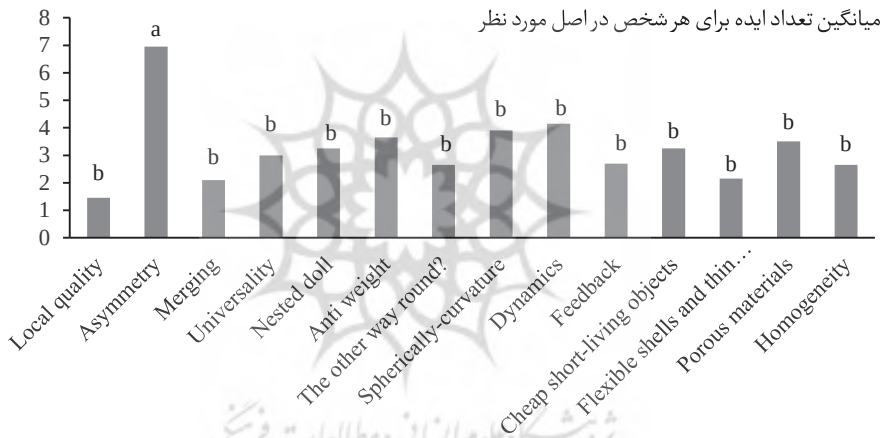
از آن‌جایی که در این روش برای رسیدن به راه‌حل‌های متنوع و خلاقانه تعداد ایده‌های پیشنهادی از اهمیت بالایی برخوردار است، به بررسی و مقایسه مجموع ایده‌های تولیدشده برای اصول مشخص‌شده پرداخته شد (جدول۶).

جدول۶. میانگین تعداد مجموع ایده‌ها برای هریک از اصل‌ها

مجموع تعداد ایده‌ها برای اصل	میانگین تعداد ایده برای هر شخص در اصل مورد نظر	عنوان اصل
29^{i}	1.45^{b}	کیفیت موضعی
139^{a}	6.95^{a}	عدم تقارن
42^{h}	2.1^{b}	ترکیب کردن
60^{ef}	3^{b}	جامعیت

ادامه جدول ۶

تودرتو	3.25^{b}	65^{de}
تعادل‌وتوازن	3.65^{b}	73^{cd}
معکوس کردن	2.65^{b}	53^{fg}
کروی ساختن	3.9^{b}	78^{bc}
پویایی	4.15^{b}	83^{b}
بازخورد	2.7^{b}	54^{fg}
بازیافت	3.25^{b}	65^{de}
پرده‌غشایی	2.15^{b}	45^{gh}
تخلخل	3.5^{b}	70^{cde}
همجنس و همگن‌سازی	2.65^{b}	53^{fg}



نمودار۱. نمایش کمی ایده‌ها در هریک از اصول انتخابی

نمودار۲ .نمایش مجموع تعداد ایده ها در هریک از اصول انتخابی

بررسی مقایسه میانگین تعداد ایده برای هر شخص، نشان داد که «عدم‌تقارن» با میانگین تعداد ۶/۹۵ نسبت به سایر موارد بیشتر است و در اصل "کیفیت موضعی" کم‌ترین است (نمودار۱) دو موئلفه «کروی ساختن» و «پویایی» نیز در مقایسه با موئلفه‌های دیگر دارای تفاوت معناداری بودند و بعد از «عدم‌تقارن»، بیشترین تعداد ایده‌های اصلی را به خود اختصاص دادند (نمودار۲).

از دلایل تعداد بالای ایده‌ها در اصل عدم‌تقارن می‌توان به امکان رسیدن به شکل‌های متنوع با اعمال حداقل تغییرات در پوسته محصول اولیه (مانند تجرید، تغییرات در تناسبات و مقیاس، تمرینات کاهشی و افزایشی و...)، امکان پیاده‌سازی اصل مورد نظر بر تمامی شکل‌های متقارن و غیرمتقارن، امکان ارزیابی ۳۶۰ درجه محصول برای رسیدن به شکل‌های متنوع اشاره کرد. هم‌چنین از آن‌جایی که در این اصل ایده‌پردازی فارغ از عملکرد روی شکل محصول انجام می‌شود به‌نظر می‌رسد که انجام تغییرات شکلی برای دانشجویان با توجه به دروس گذرانده در نیم‌سال‌های گذشته، مانند کارگاه‌های طراحی‌پایه ۱ و ۲، مبانی طراحی‌صنعتی ۱ و ۲ و شکل و فضا راحت‌تر است. از دلایل تعداد کم ایده‌ها در اصل کیفیت موضعی، می‌توان به دشوار بودن انجام تغییرات ساختاری برای اغلب دانشجویان (تغییر ساختار محصول از یکنواخت به غیریکنواخت) و فاصله گرفتن از ساختارهای معمول و رایج در طراحی، در اولویت قرار دادن و تخصصی کردن هر یک از عملکردهای محصول اشاره کرد.

۹. ماتریس تناقضات و موئلفه‌های طراحی

در دانش تریز مفهوم تناقض از مفاهیم بنیادی و اصلی است. منظور از تناقض، دو ویژگی یا وضعیت متعارض یا متضاد با یکدیگر است. چنانچه بین دو ویژگی یک سامانه حالت تضاد و ضدونقیض وجود داشته باشد و ایجاد تغییر مثبت در یک ویژگی (مثلاً افزایش کیفیت یک محصول) منجر به ایجاد تغییر منفی در ویژگی دیگر (مثلاً ازدیاد قیمت محصول) شود، در این صورت سامانه دچار تناقض است. دانش تریز بیان می‌کند که مسئله ابداعی با نوعی تناقض همراه است و حل مسئله زمانی روی می‌دهد که این تناقض برطرف شود. یکی از مهم‌ترین عملکردهای روش تریز، شناسایی و تحلیل تناقض‌ها و ارائه راهکارهایی برای برطرف نمودن آن است. انواع تناقض در دانش تریز به‌منظور شناخت بهتر به دو دسته اصلی تقسیم شده است. بنابراین هر مسئله ابداعی ممکن است با یک یا چند نوع از تناقض‌ها همراه باشد. ۱- تناقض یا تضاد فنی۴: منظور از تناقض فنی در یک سامانه فنی "وجود رابطهٔ ضد و نقیض بین دو ویژگی یک سامانه یعنی تعارض بین دو زیرسامانه آن" است. تناقض یا تضاد فیزیکی۵: منظور از تناقض یا تضاد فیزیکی، وجود هم‌زمان هماهنگی و تعارض است. در این حالت ایجاد تغییر در یک زیرسامانه به‌طور هم‌زمان از یک طرف منجر به ایجاد یک نتیجه مثبت و در عین حال از طرف دیگر منجر به بروز یک نتیجه منفی می‌شود.

آلتشولر در جدول ماتریس تناقضات ۳۹ موئلفه مهندسی نظیر وزن، طول، شفافیت و غیره را در ستون‌ها (آثار ثانویه نامطلوب) و موئلفه‌هایی که لازم است بهبود یابند، در ردیف‌ها قرار داده است

و در خانه‌های حاصل تقاطع هر سطر و ستون، دو یا سه اصل از اصول چهل‌گانه ابتکاری را که در به‌دست‌آوردن راه‌حل خلاقانه مورد استفاده قرار می‌گیرند، جانمایی کرده است. در حل مسائل مختلف می‌توان از این روش استفاده کرد. محدودیت این روش در این است که کاربران در ابتدا باید مسئله را به‌صورت موئلفه‌های ۳۹گانه مهندسی شکلول‌بندی کنند و این روش برای حل مسائل پیچیده، وقت‌گیر و دشوار است (جدول ۷).

جدول۷. موئلفه‌های ۳۹گانهٔ مهندسی

۱. وزن جسم متحرک	۱۴. استحکام	۲۷. قابلیت اطمینان
۲. وزن جسم ساکن	۱۵. دوام جسم متحرک	۲۸. دقت اندازه‌گیری
۳. طول جسم متحرک	۱۶. دوام جسم غیرمتحرک	۲۹. دقت ساخت
۴. طول جسم ساکن	۱۷. دما	۳۰. عوامل زیان‌بار خارجی مؤثر بر جسم
۵. مساحت جسم متحرک	۱۸. روشنایی	۳۱. اثرات داخلی زیان‌بار
۶. مساحت جسم ساکن	۱۹. انرژی مصرفی جسم متحرک	۳۲. سهولت ساخت یا تولید
۷. اندازه و حجم جسم متحرک	۲۰. انرژی مصرفی جسم ساکن	۳۳. سهولت استفاده
۸. اندازه و حجم جسم ساکن	۲۱. قدرت یا توان	۳۴. سهولت تعمیر
۹. سرعت	۲۲. تلفات انرژی	۳۵. قابلیت سازگاری
۱۰. نیرو	۲۳. ضایعات مواد	۳۶. پیچیدگی وسیله یا ابزار
۱۱. تنش/ فشار	۲۴. اتلاف اطلاعات	۳۷. پیچیدگی کنترل
۱۲. شکل	۲۵. تلفات زمان	۳۸. سطح خودکار بودن/ اتوماسیون
۱۳. ثبات و پایداری جسم	۲۶. مقدار مواد	۳۹. بهره‌وری

۱۰. بازنگری چارچوب ماتریس تناقضات تریز

در ماتریس تناقضات تریز، هم در نوع کلاسیک آلتشولر و هم مدرن‌شده دارل مان، دو سطح مختلف سازوکار (کیفی) و ساختار (کمی) با یکدیگر ترکیب می‌شوند. از آن‌جایی که به‌کارگیری این ماتریس برای رسیدن به راه‌حل‌های تأثیرگذار برای مبتدیان تریز بسیار دشوار و پیچیده است، در طراحی مجدد ماتریس تناقضات، جداول اولیه به‌صورت دو ماتریس RCM1 و RCM2 بازتعریف شده‌است تا مبتدیان تریز بتوانند از آن به‌عنوان دروازه‌ی ورود به "دنیای جذاب تریز"، بدون مقاومت در برابر استفاده از فنون تریز استفاده کنند. از ماتریس تناقض توسعه‌یافتهٔ آلتشولر (CM) نه تنها مبتدیان تریز، بلکه متخصصان ماهر تریز هم به‌صورت فعال به‌عنوان یک روش ساده، اثربخش و کارآمد، برای انتخاب برخی از اصول قابل‌اجرا، از "۴۰اصل" استفاده می‌کنند و به خلق ایده می‌پردازند. شرح محتویات جداول RCM به این صورت است: RCM1: به ۱۳ موئلفه مورد استفاده در این ماتریس «موئلفه‌های مربوط به عملکرد» گفته می‌شود. این موئلفه‌ها شامل: قابلیت اطمینان، دقت، اثرات زیان‌بار، کارایی، پیچیدگی کنترل، قابلیت تعمیر و نگهداری، تطبیق‌پذیری، دوام، قابلیت تولید، میزان اتلاف مواد، میزان اتلاف اطلاعات، میزان اتلاف زمان و انرژی هستند. RCM2: به ۱۱ موئلفه مورد استفاده در این ماتریس «موئلفه‌های مربوط

به شکل و طرح» گفته می‌شود. این موئلفه‌ها شامل وزن جسم، طول جسم، مساحت جسم، حجم جسم، سرعت، نیرو/ گشتاور، تنش یا فشار، شکل، قدرت، دما و شدت روشنایی هستند. بنابراین ماتریس تناقض ۳۹ در ۳۹ به دو جدول RCM با اندازه ۱۳ در ۱۳ و ۱۱ در ۱۱ تقلیل یافته است. در ادامه دانشجویان با استفاده از ماتریس تناقضات به ایده‌پردازی پرداختند. چگونگی تکمیل جداول عملکرد و شکل برای یکی از محصولات آورده شده است (جدول ۸ و ۹).

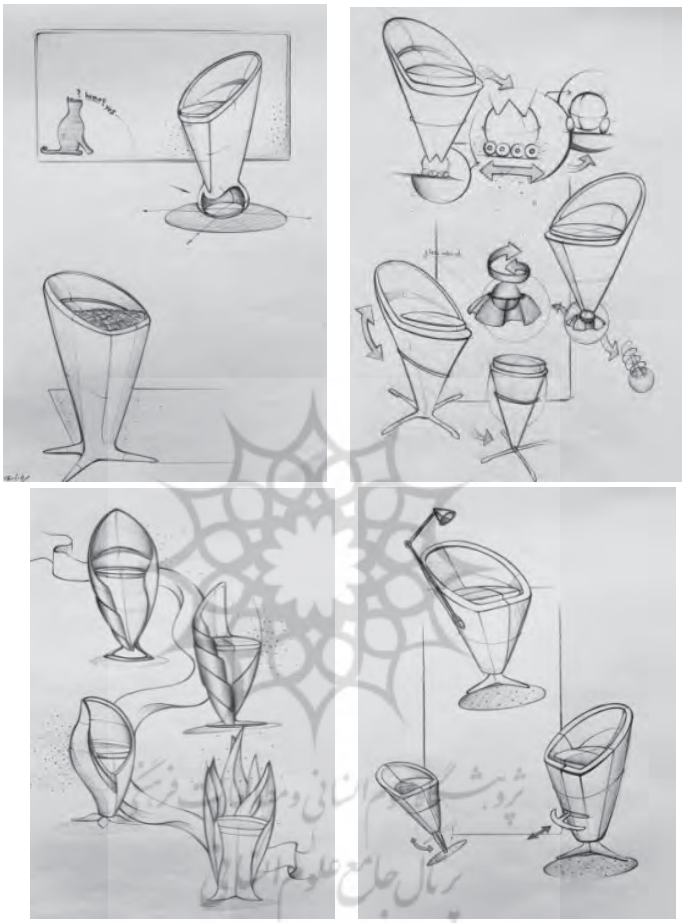
جدول ۸. ماتریس تناقضات مربوط به "عملکرد" در صندلی ناهارخوری
۲-۱-۳ طراحی مجدد ماتریس تناقض۲ (پارامتر مربوط به شکل و طراحی) RCM2

عوامل تضعیف کننده / عوامل بهبود یابنده		وزن جسم	طول جسم	مساحت جسم	حجم جسم	سرعت	تنش، فشار	نیرو، گشتاور	شکل	قدرت	دما	شدت روشنایی
		D1	D2	D3	D4	D5	D7	D6	D8	D9	D10	D11
وزن جسم	D1		—	—	—		—	۳-۹-۱۰-۱۵-۲۴	—	—	—	—
طول جسم	D2	۱-۷-۲۴-۲۹-۳۰-۳۱-۳۹		۷-۱-۳۲-۳۳-۴۰	۷-۱۵-۲۴-۳۰	۱۲-۲۰-۲۲-۲۴-۲۸-۲۹-۳۰-۳۱-۳۲-۳۴-۳۵-۳۶-۳۸-۳۹-۴۰	۳-۵-۱۷-۲۴	۳-۱۸-۲۵-۱۷-۲۸	۲-۷-۱۲-۱۷-۲۵-۲۶-۳۰-۳۳	۸-۱۳-۳۸-۳۳-۴۰	—	—
مساحت جسم	D3	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
حجم جسم	D4	۲-۸-۳۰-۳۱-۳۹	۷-۱۵-۲۴-۳۵	—		۲-۷-۸-۹-۱۲-۲۲-۲۴-۳۳	۵-۷-۱۸-۳۴	۲-۱-۹-۱۵	۲-۴-۶-۱۲-۲۲-۳۰	۲-۳-۶-۸۰-۱۴-۱۵-۱۷-۳۶	—	—
سرعت	D5	—	—	—	—		—	۸-۱۵-۱۷-۲۲-۲۸-۲۹	۲-۴-۹-۱۴-۲۲-۳۰-۳۲	۳-۱۵-۲۳-۳۱-۳۳	—	—
نیرو،گشتاور	D6	—	۳-۴-۸-۹-۱۵-۱۷-۲۴	—	—	۷-۸-۱۵-۲۳-۲۸-۲۹	—		۲-۳-۸ ۱۲-۲۳-۳۳	—	—	—
تنش، فشار	D7	۶-۹-۱۹-۲۸	۱-۲-۷-۲۰-۲۴	—	۱-۵-۱۳-۲۰	—	—	۳-۸-۹-۱۵-۲۸	—	—	—	—
شکل	D8	۲-۴-۸-۲۹-۳۰-۳۱-۳۹	۱-۷-۹-۱۷	۱-۵-۷-۹-۱۵-۳۲	۱-۵-۶-۷-۱۷-۳۰	۹-۱۳-۱۴-۱۵-۲۴-۲۵	۳-۵-۹	۴-۵-۸-۱۵		۳-۴-۷-۱۱-۲۳-۲۴-۳۴-۴۰	۵-۶-۹-۱۰-۱۷-۱۸-۲۲-۲۳	۶-۱۳-۲۲-۲۳-۲۵-۳۲
قدرت	D9	۸-۳۱-۳۳-۳۹	۱-۷-۱۵-۳۴	—	۳-۷-۱۵	—	—	—	۲-۴-۱۲-۱۲-۱۷-۲۷-۴۰		—	—
دما	D10	—	—	—	—	—	—	—	۳-۵-۶-۹-۱۶-۲۲-۳۲	—		—
شدت روشنایی	D11	۱-۵-۲۵-۲۸-۳۴	—	—	۳-۵-۷-۱۵	—	—	—	۳-۵-۶-۲۲-۲۴	—	۵-۹-۲۳-۳۲	

جدول ۹. ماتریس تناقضات مربوط به "شکل" در صندلی ناهارخوری
جدول ۱ طراحی مجدد ماتریس ۱ تناقض (پارامتر مربوط به عملکرد) RCM1

عوامل تضعیف کننده / عوامل بهبود یابنده		قابلیت اطمینان	دقت	تاثیرات زیان بار	عملکرد	پیچیدگی کنترل	نگهداری، قابلیت تعمیر	تطبیق پذیری	دوام	قابلیت تولید	میزان اتلاف مواد	میزان اتلاف اطلاعات	میزان اتلاف زمان	انرژی
		f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	f10	f11	f12	f13
دقت و قابلیت اطمینان	f1		—	—	—	—	—	—	—	۵-۱۷-۳۳	—	—	۵-۹-۲۴-۲۵-۲۶	۹-۱۰-۱۷-۲۵
قابلیت اطمینان	f2	—		—	—	۲-۱۵-۲۴-۳۳	۲-۵-۱۲-۲۸-۲۹	—	—	۱-۲-۲۴-۳۴	—	—	۱-۹-۲۰-۲۱-۱۵	۶-۹-۱۶-۲۸-۲۴
تاثیرات زیان بار	f3	—	—		—	۳-۹-۲۲-۱۵-۳	۱۱-۲۰-۲۵	—	—	۵-۱۶-۱۷-۲۴-۳۳	۶-۹-۲۲-۳۳	—	—	۲-۹-۱۷-۳۷
عملکرد	f4	۲-۵-۱۰-۲۵	۳-۵-۲۳-۲۸	—		۳-۹-۲۲-۱۵-۳۳	۱-۲-۳۳	—	۵-۸-۱۳-۱۹	۵-۱۶-۱۷-۲۴-۳۳	۶-۹-۲۲-۳۳	—	—	۳-۵-۱۲-۲۸
دوام	f5	—	—	—	—		—	—	—	۱۴-۱۵-۲۰	—	—	۲-۹-۱۶-۳۳	—
نگهداری، قابلیت تعمیر	f6	—	—	۲-۶-۱۱-۱۶	—	—		—	—	—	۲-۶-۱۰-۱۶-۲۲-۲۷	—	—	—
تطبیق پذیری	f7	—	۳-۵-۲۵	—	—	۳-۹-۱۱	—		—	—	—	—	—	—
دوام	f8	—	—	—	—	—	—	—		۱۱-۲-۲۸-۲۲-۳۳	—	—	—	۲-۹-۱۱-۱۵-۱۸-۲۸-۳۴
تولید	f9	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	۳-۸-۱۰-۱۱-۱۷	
میزان اتلاف مواد	f10	—	—	—	—	—	—	—	۲-۴-۷۰-۱۴-۲۷-۳۰	—		—	۶-۷-۱۷-۲۰-۲۵	۳-۷-۱۷-۲۴-۲۶
میزان اتلاف اطلاعات	f11	۹-۶-۲۲-۲۳-۳۰-۳۳	۲-۳-۳۰-۳۳	—	۲-۴-۸-۱۷-۲۵-۳۲	—	—	—	—	۱۰-۱۱-۱۶-۱۹-۲۲-۲۹	—		—	۹-۱۲-۱۸-۱۹-۲۸
میزان اتلاف زمان	f12	—	۳-۵-۱۵-۲۵	—	۲-۱۴-۱۸-۲۲	—	—	—	—	۷-۹-۱۲-۱۵-۲۵	—	۳-۸-۱۰-۲۸		۵-۱۱-۲۴
انرژی	f13	—	—	—	—	—	—	—	—	۳-۲۴-۲۰-۲۲-۲۹	—	—	—	

و بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از جداول ماتریس تناقضات و با توجه به شماره اصول چهل‌گانه تریز در خانه‌های جدول با استفاده از اصل مورد نظر به ایده‌پردازی پرداختند (شکل ۷).



شکل ۷. ایده‌پردازی با استفاده از ماتریس تناقضات تریز
(منبع: پروژه کلاسی دانشجویی با موضوع: صندلی ناهارخوری)

۱۱. نتیجه‌گیری

در تدریس روش‌های خلاقیت برای دانشجویان طراحی صنعتی، تنها پرداختن به شناخت روش و زمینهٔ کاربرد احتمالی آن کافی نیست، بلکه استفادهٔ کاربردی از روش مورد نظر برای یافتن ایده‌های جدید طراحی در چهارچوب پروژه‌های درسی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌کارگیری تریز در پژوهش انجام‌شده، علاوه بر بهبود مهارت خلاقانه در حل مسئله، منجر به افزایش خلاقیت طراحان در مدت زمان کوتاهی گردید. شناخت و آموزش فراگیر روش‌های این چنینی، منجر به کاهش سردرگمی احتمالی

دانشجویان در حل مسائل پیچیده و پیدا کردن عملکردهای پیاپی و یکپارچه توسط آنها شده است و امکانی برای به‌کارگیری جنبه‌های زیبایی‌شناسانه و احساسی در طراحی محصول، علاوه بر تمرکز بر کارایی آن، فراهم می‌آورد.

در این پژوهش به‌کارگیری روش تریز به‌طور مشخص، منجر به درک کامل‌تری از عمق یک مسئله و تولید راه‌حل‌های جدیدتر گردید. لذا بر قابلیت تحلیل دانشجویان در فرایند طراحی محصول اثر مثبت داشت و باعث افزایش میزان خلاقیت در ایده‌پردازی و کمیت آنها گردید. در مرحله پردازش ایده‌ها بر اساس جداول ماتریس تناقضات، نتایج قابل‌ملاحظه‌ای به‌دست آمد. در جدول ماتریس تناقضات مربوط به عملکرد، بیشترین تعداد ایده در تمام موضوعات انتخابی زمانی شکل‌گرفت که "شکل" (D8) به‌عنوان عامل تضعیف‌کننده و بهبودیابنده مورد توجه قرار گرفت. این امر نشان‌دهنده آشنایی کامل دانشجویان طراحی صنعتی با مبحث شکل‌پردازی است. و به ترتیب در بخش مربوط با ابعاد (وزن، طول، مساحت و حجم) و ساختار فنی و سازوکار (سرعت، نیرو و گشتاور، تنش، فشار و قدرت) کمیت ایده‌پردازی کاهش یافت. همچنین در ماتریس تناقضات مربوط به شکل، ایده‌پردازی در زمینه‌های دقت و قابلیت اطمینان، تأثیرات زیان‌بار، نگهداری و قابلیت تعمیر و تطبیق‌پذیری با توجه به مباحث میان‌رشته‌ای این موئلفه‌ها با رشته‌هایی مانند مهندسی صنایع، ارگونومی و... کم‌ترین مقدار بود که نشان‌دهندهٔ لزوم ارتباط بیشتر دانشجویان طراحی صنعتی با سایر حیطه‌ها است. در موئلفه‌های قابلیت تولید، میزان اتلاف مواد و انرژی شاهد بیشترین تعداد ایده هستیم که با توجه به انجام ایده‌پردازی و استفاده از روش تریز در ابتدای فرایند طراحی قابل‌توجه به‌نظر می‌رسد. یکی از دلایل اصلی این امر به اعتقاد نگارندگان شکل‌گیری ساختار ذهنی دانشجویان با توجه به دروس گذرانده در نیم‌سال‌های گذشته بر اساس اهمیت روش ساخت و تولید است که علی‌رغم تأکید مدرس به ایده‌پردازی در قالب جعبه سیاه، در برخی از موارد با توجه به پیشینه ساختار ذهنی و به‌طور ناخودآگاه شاهد طراحی بر اساس جعبه شفاف هستیم.

در مجموع و بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده آموزش این روش و به‌کارگیری عملی آن در فرایند طراحی محصول پیشنهاد می‌شود. در این روش به‌کارگیری شیوه قلم کاغذی در ثبت ایده‌ها، امکان قابل‌فهم کردن و مؤثرتر بودن روش را فراهم آورد.

در آینده استفاده از سایر روش‌های ثبت ایده، مانند استفاده از رایانه یا تلفن همراه، می‌تواند در امکان ثبت ایده‌ها در هر مکان و زمان مؤثر باشد. علاوه بر آن با توجه به کارآمدی روش تریز، به‌نظر می‌رسد تعریف معیاری برای ارزیابی ایده‌ها در توسعه محصولات جدید مؤثر باشد. همچنین با توجه به کمبود مقالات علمی در زمینه استفاده تجربی و عملی از روش خلاقانه تریز در حل مسئله علی‌رغم کارآمدی بالای این روش، پاسخ این سؤالات می‌تواند موضوعاتی برای پژوهش‌های آینده در زمینه روش تریز باشد: آیا تفاوت معناداری در نحوهٔ اعمال روش تریز در موضوعات مختلف مهندسی و طراحی

وجود دارد؟ به‌کارگیری تریز در یک برنامهٔ آموزشی چگونه می‌تواند دانشجویانی با توانایی‌های مختلف یادگیری را تحت تأثیر قرار دهد؟ آیا به‌کارگیری یک رویکرد نظام‌مند و جزئی‌تر برای بررسی تغییرات توانایی دانشجویان در تفکر خلاقانه تریز مؤثر است؟ آیا تعریف معیارهایی برای ارزیابی نتیجهٔ نهایی به‌دست‌آمده از تریز می‌تواند در روند کلی ایده‌پردازی تأثیرگذار باشد؟

پی‌نوشت:

- 1. TRIZ
- 2. Psychological Inertia
- 3. TRIZ 40 Principles
- 4. Technical Contradiction
- 5. Physical Contradiction
- 6 Black box
- 7. Glass box

References

- Altshuler, Gonrich, Scholiac, Lef (2016). 40 principles of the Triz for innovation, Mahmoud Keshavarz and Nona Mirkhani, Rasa Publications, Tehran.
- Amabile, T. M. (1996). Creativity in context: Update to the social psychology of creativity. Boulder, CO, USA: Westview Press.
- Baer, J., Kaufman, J. C., & Gentile, C. A. (2004). Extension of the consensual assessment technique to nonparallel creative products. *Creativity Research Journal*, 16, 113–117. doi:10.1207/s15326934crj1601 11
- Bertoncelli, T. Mayer, O. Lynass,M.(2016).Creativity, learning techniques and TRIZ.39,191-196.
- Boyd, B. (2009). Caught in the headlights: Seeking permission to be creative within the Scottish education system, fostering creativity in learning in Scotland.From: www.opencreativity.open.a c.uk/assets/pdf/strathclyde/Caught%20in%20the%20headlights
- Chang, Y. S., Chien, Y.H.(2016). Effect of TRIZ on the creativity of engineering students. *Thinking Skills and Creativity*, 19, 112-122.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention. New York: Harper Perennial.
- Dickhut, J. (2003). A brief review of creativity.from www.personalityresearch.org/papers/dickhut.html
- Dumas, D. Patricia, A.(2016). Predicting creative problem solving in engineering design. Thinking Skills and Creativity,21,50-66.
- Ekmekci, I. Elifnebati, E.(2019).Triz Methodology and Applications. *Procedia Computer Science*.158, 303-315.
- Farid, F., El-Sharkawy, A. R., and Austin, L. K. (1993) "Managing for creativity and innovation in A/E/C organizations," *Journal of Management in Engineering*, 9(4), 399-409.
- Ghadiri, Zeinab (2014), Applying the Triz Principle and Facilitating Creative Problem-Solving Thinking, First International Conference on Psychology and Behavioral Sciences, Tehran, *Mehr Ishraq Conference Institute*, Tehran University Conference Center.
- Guner, S. Kose, I.(2020). A new approach that proposes TRIZ az a creative problem solving technique in health services. *Research Journal of Business and Management*.2,7,67-79.
- Ilevbare, I. M., Probert, D., & Phaal, R. (2013). A review of TRIZ, and its benefits and challenges in

practice. *Technovation*, 33(2-3), 30-37
- Isaksen, S. G., & Treffinger, D. J. (2004). Celebrating 50 Years of Reflective Practice: Versions of Creative Problem Solving. *Journal of Creative Behavior*, 38, 75–101.
- Huang, S. C., & Phu, H. M. (2013). Application of TRIZ principles for design and manufacturing of coconut cutting machine. *Applied Mechanics and Materials*, 284, 613–616
- Kaufman, J. C., Pumaccahua, T. T., & Holt, R. (2013). Personality and creativity in realistic, investigative, artistic, social, and enterprising college majors. *Personality and Individual Differences, 54, 913–917*
- Keller, C. J., Lavish, L. A., & Brown, C. (2007). Creative styles and gender roles in undergraduate's students. *Creativity Research Journal*, 19, 273–280
- McEntire ,Kelly, Improving innovation through TRIZ to the microgravity project managers work group/ fromhttps://www.slideserve.com/rance/engineering-development-division
- Oral, G. (2006). Creativity of Turkish prospective teachers. *Creativity Research Journal*, 18, 65-73. doi:10.1207/s15326934crj1801_8.
- Osborn, Alex (1953). Applied imagination: Principles and procedures of creative problem-solving, New York: Charles Scribner's Sons. ISBN 978-0023895203.
- Parkhurst, H. (1999). Confusion, lack of consensus, and the definition of creativity as a construct. *Journal of Creative Behavior*, 33, 1-21
- Pirola-Merlo, A., & Mann, L. (2004). The relationship between individual creativity and team creativity: Aggregating across people and time. *Journal of Organizational behavior*, 25(2), 235-257.
- Russo, D., Rizzi, C., & Montelisciani, G. (2014). Inventive guidelines for a TRIZ-based eco-design matrix. *Journal of Cleaner Production*, 76, 95-105.
- Samira, B.-B., Buisine, S., Vandendriessche, C., Glaveanu, V., & Lubart, T. (2017). Engineering students' use of creativity and development tools in conceptual product design: what,when and how? *Thinking Skills and Creativity*,24, 104-117.
- Sawyer, R. K. (2006). Explaining creativity: The science of human innovation. New York: Oxford University Press
- Sinlarat, P. (2002). Needs to enhance creativity and productivity in teacher education throughout Asia. *Asia Pacific Education Review,* 3, 139-143.
- Souchkov, V. (2018) TRIZ: Theory of Solving Inventive Problems to support engineering innovation in maritime industry. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej*. 127,9-19.
- Sternberg, R. J., & O'Hara, L. A. (1999). Creativity and Intelligence. In R. J. Sternberg (Ed.), Handbook of creativity (pp. 251–272). New York: Cambridge..
- Tanninen, K., Jantunen, A., & Saksa, J. M. (2008). Adoption of administrative innovation within organization—an empirical study of TQM metamorphosis. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 5(03), 321-340.
- Torrance, E. P. (1963) Creativity, National Education Association. Washington, D.C.
- Ulwick, A. W. (2002). Turn customer input into innovation. *Harvard Business Review*, 80(1), 91-98.
- Walberg, H. (1988). Creativity and talent as learning. In: R. Sternberg, (Ed.), The nature of creativity: Contemporary psychological perspectives (pp. 340-361). Cambridge: Cambridge University Press
- Ward, T. B., Smith, S. M., & Finke, R. A. (1999). Creative cognition. In R. J. Sternberg (Ed.), Handbook of creativity (pp. 189–212). New York: Cambridge University Press
- Wolfe, R. (1994), Organizational innovation: Review, critique and suggested research directions, *Journal of Management* Studies, 31, pp. 405-431.

زهرا مریخ پور: دانش آموخته کارشناسی و کارشناسی ارشد طراحی صنعتی از دانشگاه تهران و دانش آموخته کارشناسی مجسمه‌سازی از دانشگاه هنر تهران می‌باشد. ایشان از سال ۹۴ عضو هیات علمی گروه طراحی صنعتی دانشگاه بوعلی سینا همدان می‌باشد. علاوه بر فعالیت‌های دانشگاهی ایشان به‌عنوان مشاور اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی هنر در وزارت علوم تحقیقات و فناوری می‌باشد. علایق پژوهشی وی متمرکز بر موضوعات خلاقیت و مسئولیت اجتماعی، طراحی ترغیبی، طراحی فرهنگی، طراحی مشارکتی، طراحی اخلاق‌گرا است.

دکتر وحید چوپانکاره: دانش آموخته کارشناسی طراحی صنعتی از دانشگاه تهران، کارشناسی ارشد و دکترا طراحی صنعتی از دانشگاه ووپرتال آلمان می‌باشد. ایشان در حال حاضر استادیار گروه طراحی صنعتی دانشگاه تهران می‌باشد. علاوه بر فعالیت‌های دانشگاهی، مسئول کمیته تخصصی رشته طراحی صنعتی دفتر آزمون‌سازی و روان‌سنجی سازمان سنجش کشور و مسئول کمیته تخصصی راه‌اندازی میان رشته‌ای‌ها و رشته‌های جدید طراحی صنعتی می‌باشد. علایق پژوهشی وی متمرکز بر زمینه‌ی رویکردی (طراحی پایدار، طراحی نوآوری اجتماعی، طراحی زیست محیطی) و زمینه موضوعی (طراحی برای نسل‌ها، طراحی محصول، طراحی مبلمان شهری، طراحی خدمات) است.

شبنم سمیعی: دانش آموخته کارشناسی طراحی صنعتی از دانشگاه بوعلی سینا همدان و در حال حاضر دانشجوی کارشناسی ارشد طراحی صنعتی در دانشگاه الزهرا تهران می باشد. علایق پژوهشی وی متمرکز بر ارتباط مطالعات جامعه‌شناسی و اقتصاد سیاسی با طراحی صنعتی و طراحی محصولات متاثر در تاثیرات اجتماعی است.