

روندهای پژوهشی در آموزش علوم و مهندسی

اصغر سلطانی^۱ و احمد رضا نصر^۲

چکیده: در آموزش علوم و آموزش مهندسی، به عنوان حوزه‌های جدیدی که زمان زیادی از شکل‌گیری و تکوین آنها نمی‌گذرد، عموماً از رویکردها و شیوه‌های پژوهشی یکسانی استفاده می‌شود. موضوع اصلی این دو قلمرو؛ یعنی «آموزش» که به مقوله یاددهی و یادگیری علوم پایه و علوم مهندسی می‌پردازد، باعث شده است تا اشتراکات زیادی در روندهای پژوهش رشته‌های مذکور وجود داشته باشد. از سوی دیگر، قرابت در ماهیت و محتوای علمی علوم پایه و علوم مهندسی زمینه‌ساز نزدیکی بیشتر این حوزه‌ها در روشهای برنامه‌ریزی درسی، آموزش و ارزشیابی شده است. همه این موضوعات به همراه زیر مجموعه‌های آنها زمینه‌های تحقیق مناسبی را برای پژوهشگران این حوزه‌های جدید علمی فراهم آورده است. در این مقاله با بررسی شیوه‌های کلی پژوهش در آموزش، به معرفی، تحلیل و تبیین نقاط قوت و ضعف هر یک از رویکردهای به‌کار رفته در تحقیقات مربوط به این قلمروهای علمی در آموزش عالی پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: روشهای پژوهش، آموزش علوم، آموزش مهندسی، پژوهشهای کمی و کیفی.

۱. دانشجوی دکتری برنامه درسی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. asghar.soltani.k@gmail.com

۲. دانشیار گروه علوم تربیتی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

۱. مقدمه

یکی از تحولات اخیر در عرصه حوزه‌های معرفتی دانشگاهی، شکل‌گیری بحث حوزه‌های میان رشته‌ای^۱ است. در میان گستره وسیع این رشته‌ها، درحال حاضر رشته‌هایی مطرح است که در آنها به تلفیق آموزش در حوزه‌های معرفتی محض پرداخته شده است. آموزش ریاضی^۲، آموزش علوم^۳ و آموزش مهندسی^۴ در زمره مهم‌ترین رشته‌های مذکور به شمار می‌روند. در کشورهای توسعه یافته از سالها پیش این رشته‌ها تعریف شده و شکل گرفته‌اند. در کشور ما اگر چه سابقه مطرح شدن این گونه رشته‌ها چندان طولانی نیست، لکن رشته آموزش ریاضی طی سالهای گذشته در سطح تحصیلات تکمیلی دانشگاه شهید بهشتی دایر شده است. با توجه به پژوهشهای انجام شده [۱ و ۲]، زمینه‌های راه‌اندازی دوره کارشناسی ارشد آموزش علوم نیز در کشور فراهم شده است. در این بین جای خالی رشته بین رشته‌ای آموزش مهندسی که در معتبرترین دانشگاه‌های فنی و مهندسی دنیا از جمله در گروه آموزش مهندسی دانشگاه ویرجینیا تک^۵ نیز دایر است، در کشورمان احساس می‌شود.

در آموزش مهندسی آموزش در صدد همجواری و هم‌نشینی با رشته‌های مهندسی است. شکل‌گیری این گونه رشته‌ها گویای تأثیر شگرف آموزش در تضمین حیات و پویایی رشته‌های دانشگاهی است؛ به بیان دیگر، اگر چه خبرگی در یک حوزه دانشی بسیار مهم است، لکن تخصص در یک حوزه معرفتی زمانی می‌تواند به کارآمدی و اثربخشی کامل منجر شود که به عنصر حیاتی «آموزش» به عنوان عامل و زمینه‌ساز انتقال صحیح دانش محض نیز توجه شود.

با این توضیح، نکته مورد توجه در این مقاله این است که در حوزه‌های مذکور نیز همانند رشته‌های محض روشهای پژوهش از کلیدی‌ترین مؤلفه‌هاست که در تحقق رسالت گسترش مرزهای دانش نقش انکارناپذیری دارد؛ به بیان دیگر، اگر درحال حاضر صحبت از رشته‌هایی مانند آموزش مهندسی، آموزش علوم و آموزش ریاضی است، باید به طور جدی به روشهای پژوهش و چگونگی کاربرد این گونه روشها در رشته‌های مذکور توجه داشت.

نگاه تاریخی به رویکردهای پژوهش مبین این واقعیت است که رویکرد کمی پژوهش که در آغاز در حوزه‌های علوم طبیعی شکل گرفته، رویکرد غالب پژوهش است. در دهه‌های گذشته، پژوهش کیفی نیز به عنوان یک رهیافت نوین که البته، ریشه‌های تاریخی طولانی دارد در عرصه پژوهش

-
1. Interdisciplinary
 2. Mathematical Education
 3. Science Education
 4. Engineering Education
 5. Virginia Tech

مطرح شده است. با این وصف، هدف از نگارش این مقاله تبیین رویکردهای مختلف پژوهش و امکان و چگونگی کاربست آنها در حوزه‌هایی مانند آموزش مهندسی و آموزش علوم است. انتخاب این مقوله به عنوان موضوع این مقاله از این منظر صورت گرفته است که یکی از چالشهای اساسی که باید در این رشته‌های جدید مورد توجه واقع شود، ماهیت و کاربرد روشهای پژوهش در این گونه رشته‌هاست. لذا، در بخشهای مختلف این مقاله سعی شده است تا ضمن تبیین چستی رویکردهای پژوهش، ماهیت و کاربست آنها در رشته‌های مذکور بررسی شود.

۲. روندهای کنونی پژوهش در آموزش علوم و مهندسی

در رشته‌های درسی مختلف روشهای تحقیق متفاوت و رویکردهای مختلفی در تحلیل داده‌ها استفاده می‌شود؛ برای مثال، تجارب آزمایشگاهی در علوم فیزیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند، درحالی که مطالعات میدانی بیشتر در پژوهشهای اجتماعی انجام می‌شوند. آمار همبستگی بیشتر در تحقیقات زیست‌شناسی و پزشکی به کار می‌روند، در حالی که در تحقیقات کشاورزی تحلیل واریانس و کوواریانس^۱ به میزان بیشتری استفاده می‌شوند[۳].

به طور سنتی حوزه‌های پژوهش در علوم یا یافته‌هایی تجربی از موضوعات و پدیده‌ها تولید می‌کنند یا باعث زایش نظریه^۲ می‌شوند؛ برای مثال، می‌توان از نظریه‌هایی نام برد که ناشی از استنتاج منطقی از مجموعه اصول موضوعه^۳ (اکسیوم‌ها) است و مبنایی مسلم برای اقتباس در نظر گرفته می‌شوند[مثلاً در ریاضیات یا فیزیک نظری]. ورای پارادیم‌های غالب در علوم، با نگاه به علوم انسانی و علوم اجتماعی جنبه‌های دیگری نیز باید به موارد یاد شده اضافه شود. در علمی چون آموزش ریاضی، علوم و مهندسی، یافته‌های تجربی مانند شیمی و باستان‌شناسی وجود دارند، ولی علاوه بر این یافته‌ها، الگوها، تفاسیر و نظریه‌های تفسیری از جنبه روانشناسی، جامعه‌شناسی و تاریخی نیز به دست می‌آیند. بسیاری از طرحها و ساختارهای برنامه درسی، رویکردهای تدریس، مراحل آموزش، محیطهای یادگیری، مواد تدریس و یادگیری و مواردی از این دست از آن جمله‌اند[۴]. بنابراین موضوعات پژوهشی و دستمایه‌های پژوهش در این رشته‌های علمی هم از چنین ماهیتی برخوردارند و این موضوعات را شامل می‌شوند.

1. ANOVA/ANCOVA
2. Theorem
3. Axioms

به طور کلی، در روشهای پژوهش در طول یک دهه گذشته تأکید بیشتری بر روشهای کیفی^۱ شده است؛ به عبارت دیگر، روشهای تجربی فقط روش غالب در تحقیقات علوم و ریاضیات نیستند. در این پژوهشها به طور مشخص توصیفهای قومنگارانه^۲ اغلب به جای آزمونهای آماری استفاده می‌شوند، طرحهای پژوهشی شامل اندازه‌گیری پایانی یا قالب پیش‌آزمون - پس‌آزمون کمتر رایج است و در عوض، رویکردهایی مثل چرخه‌های تکرار شونده از مشاهده رفتار مورد‌های پژوهش بیشتر به کار می‌روند [۵].

در پژوهشهایی که با حمایت مالی بنیاد ملی علوم^۳ (آمریکا) در آموزش علوم و ریاضیات انجام شده، به ندرت یک روش تحقیق به کار برده شده است. پژوهشهای آموزشی که از طرحهای تجربی در آن استفاده شده است، بسیار نادرند. معمول‌ترین روش تحقیق روش مطالعه موردی است و پس از آن برخی از گونه‌های طرحهای تجربی قرار دارند. با وجود این، در بیشتر پژوهشها ترکیبی از روشهایی چون مطالعه موردی^۴ و زمینه‌یابی (پیمایشی) به کار گرفته شده است [۶].

شاولسن^۵ و تاون^۶ [۷] در پژوهشی که در سال ۲۰۰۴ انجام دادند، از پژوهشگران حوزه آموزش علوم و ریاضیات خواستند تا از بین ده روش تحقیق شامل اقدام پژوهی، سنتز پژوهی، تاریخی، فراتحلیل، نیمه تجربی، قوم نگاری، پیمایشی، طرح تجربی و طراحی آزمایش، روشی را که بیش از همه در تحقیقات خود استفاده کرده‌اند، مشخص سازند. نتایج این پژوهش به شرح زیر بود:

- روش شناسی به کار گرفته شده غالباً روش مطالعه موردی بود؛
- میانگین تعداد روشهای به کار گرفته شده در هر پژوهش دو بود. در بیش از ۸۵ درصد پروژه‌ها بیش از یک روش در اجرای پروژه به کار گرفته شد. روشهای به کار گرفته شده شامل مطالعه موردی، پیمایشی و برخی از نتایج پژوهشهای تجربی بودند؛
- در بیشتر تحقیقات ترکیبی از دو روش مطالعه موردی و یک روش تجربی استفاده شده بود؛
- یک سوم پروژه‌ها سه روش متفاوت استفاده شده بود و در حدود یک پنجم آنها چهار روش یا بیشتر به کار گرفته شده بود.

-
1. Qualitative
 2. Ethnographic Descriptions
 3. National Science Foundation
 4. Case Study
 5. Shavelson
 6. Towne

ماهیت و هدف پژوهش‌های آموزشی همواره در کانون بحث قرار داشته است. در سالهای اخیر، انتقادهایی نیز در خصوص اثربخش بودن این پژوهشها به سیاستگذارهای آموزشی شده است [۸]. از آنجا که کیفیت پژوهش‌های آموزشی بر کیفیت آموزش تأثیر مستقیم دارند، از این رو، بازبینی و بهبود روشهای پژوهشی در کلیه حوزه‌های آموزش از جمله آموزش علوم، مهندسی و ریاضی امری ضروری است. آنچه مسلم است، به دلیل میان رشته‌ای بودن، این حوزه‌ها نیازمند نوعی تنوع و کارآمدی در روشهای پژوهشی خود هستند.

۳. آموزش مهندسی و پژوهش

«آموزش مهندسی» به تازگی به عنوان یک رشته تخصصی (دیسپلین) شروع به نمایان شدن کرده است و پژوهش در این حوزه اساساً با پژوهش «مهندسی» متفاوت است. این تفاوت ناشی از وجود مراحل بیشتر در فرایندهای پژوهش در آموزش مهندسی است [۹]. امروزه، عمل مهندسی نیازمند تغییر بیشتر است. تقاضاهای متعدد برای فناوری و تولیدات مبانی دانشی موجود را پشت سر گذاشته و محیطهای حرفه‌ای که مهندسان نیازمند آن هستند، تغییر کرده است. تغییر باید ترغیب و توسط تغییر در آموزش مهندسی تسهیل شود [۱۰]. تغییر در آموزش مهندسی نیازمند تغییر در روشهای پژوهش و در نتیجه، دستیابی به دریچه‌های جدید و تدوین چارچوبهای نظری پژوهش در آموزش مهندسی است. نیاز به چارچوب نظری برای هدایت پژوهش زمانی آشکارتر می‌شود که پژوهشگر با دانشجویان و کلاس درس سر و کار داشته باشد؛ در این شرایط اغلب متغیرها کاملاً کنترل نمی‌شوند [۹]. همان‌گونه که استریولر^۱ و اسمیت^۲ [۱۱] اظهار می‌دارند، اکنون پرسش مهم در آموزش مهندسی این است: «برای آماده کردن پژوهشگران حوزه آموزش مهندسی به منظور تغییر نگرش آنها به تدریس و تدوین برنامه درسی و کاوش پرسشهای اساسی در باره یادگیری مهندسی چه می‌توان کرد؟». باید به خاطر داشت که بسیاری از پژوهشگران آموزش مهندسی اعضای هیئت علمی مهندسی هستند که در تخصصهای فنی آموزش دیده‌اند و بنابراین، با مبانی پژوهش آموزشی آشنایی کافی ندارند. فرهنگ حرفه‌ای پژوهشگران علمی در میان حوزه‌های علوم طبیعی نسبتاً شبیه است، اما اهداف، زمینه‌های کاری، ارزشها و اعتقادات مهندسان به طور قطع با سایر پژوهشگران متفاوت است. مهندسان به فرهنگ حرفه‌ای جداگانه‌ای توجه دارند [۱۲].

در سالهای اخیر، توجه به تربیت مهندسان برای پژوهشهای مربوط به آموزش مهندسی رو به افزایش بوده است. در این راه مشکلات و موانعی نیز وجود دارد. بورگو [۹] از پنج مشکل مفهومی یاد

1. Streveler

2. Smith

می‌کند که ممکن است از سوی اعضای هیئت علمی مهندسی، هنگام تبدیل شدن به یک پژوهشگر آموزش مهندسی، به وجود آیند. این مشکلات پیش آمده در مطالعات آموزشی عبارت‌اند از:

- صورت‌بندی پرسشهای پژوهش به شکلی که جاذبه بالایی داشته باشند؛
- تعریف چارچوبی نظری برای پژوهش؛
- توجه به عملی‌کردن و اندازه‌گیری ساختارها؛
- درک رویکردهای کیفی یا ترکیبی؛
- پرداختن به همکاریهایی بین رشته‌ای.

برای انجام دادن پژوهش صحیح در آموزش مهندسی، شورای ملی پژوهش^۱ شش اصل راهنما را به شرح زیر ارائه کرده است:

- مطرح کردن پرسشهای مهمی که بتوان به شکل تجربی آنها را بررسی کرد؛
- پیوند دادن پژوهش با نظریه مربوط آن؛
- استفاده از روشهایی که از طریق آن بتوان پژوهشی مستقیم در خصوص پرسشهای مطرح شده در پژوهش انجام داد؛
- به کارگیری زنجیره استدلال روشن و منسجم؛
- تکرار و تعمیم پژوهش؛
- انتشار پژوهش برای تشویق دقت حرفه‌ای و نقد آن [۷].

چارچوب نظری در پژوهش مهندسی اغلب پارادایم علمی سنتی مبتنی بر روش علمی است. در این چارچوب روابط جهانی بین متغیرها می‌توانند از طریق مشاهده عینی آشکار شوند. این چارچوب ممکن است یک تئوری ویژه مانند قانون جهانی گرانش باشد. نظریه‌های مهندسی و علوم بسیار جهانی‌اند و هرگز نیازی به تأیید حامیان آن ندارند و بنابراین، به عنوان یک قانون^۲ پذیرفته می‌شوند، نه صرفاً یک نظریه^۳ [۹]. با نبودن افراد آموزش دیده در مهندسی و روشهای علوم اجتماعی به طور همزمان، تیمی از همکاران با زمینه‌های تخصصی مختلف برای انجام یافتن پژوهشهای صحیح در آموزش مهندسی مورد نیاز است. بدین منظور، همایش سالانه پژوهش^۴ در آموزش مهندسی دارای

1. National Research Council
 2. Law
 3. Theory
 4. Annuals of Research on Engineering Education(AREE)

تارنما^۱ است که ارتباط بین پژوهشگران تربیتی، مهندسی و سایر دیسپلین‌ها را برقرار می‌کند [۹].

این تارنما شامل خدمات مختلفی برای پژوهشگران حوزه آموزش مهندسی از جمله موارد زیر است:

- سایت گفتگو برای جامعه پژوهشگران در آموزش مهندسی و دیسپلین‌های مرتبط؛
- خلاصه‌ای از مقالات پژوهشی آموزشی؛
- مجموعه‌ای از مقالات در زمینه فرایند انجام یافتن پژوهش تربیتی؛
- مجموعه‌ای از منابع پژوهشی آموزشی.

توجه به پژوهش در آموزش مهندسی باعث شده است تا همایشهای مختلفی نیز برای بررسی و تحلیل آخرین دستاوردهای تحقیقی در این حوزه تشکیل شوند؛ برای مثال، در سال ۲۰۰۷ شصت و هشت پژوهشگر در اولین کنفرانس پژوهش در آموزش مهندسی^۲، که از سوی بنیاد ملی علوم نیز حمایت می‌شد، برای تبادل پژوهشهای فعلی خود و تدوین دستورالعملها، استانداردها و انتظارات آینده برای پژوهش در آموزش مهندسی گرد هم آمدند [۱۳].

۴. رویکردهای مختلف پژوهش در آموزش علوم، مهندسی و ریاضی

در شیوه‌های گردآوری داده‌ها در آموزش علوم، مهندسی و ریاضی از رویه‌های تقریباً یکسانی پیروی می‌شود، چون موضوع مطالعه آنها؛ یعنی زمینه‌ها و فرایندهای یاددهی و یادگیری دارای ماهیتی همسان هستند. نزدیکی در مبانی و چارچوبهای پژوهش به اندازه‌ای است که مؤسساتی مانند مدیریت آموزش و منابع انسانی^۳ با همکاری بنیاد ملی علوم آمریکا با برنامه‌های خود در پی بهبود آموزش ریاضی، علوم و مهندسی و همچنین، هدایت پروژه‌های این رشته‌ها در پژوهش و ارزشیابی هستند؛ برای مثال، پروژه‌های تحقیق و ارزشیابی که این مؤسسه از آنها حمایت می‌کند، در جهت دستیابی به یک درک علمی از فعالیتهای آموزش علوم و ریاضیات در کلیه سطوح تدریس گام بر می‌دارند [۶]. در طول چند دهه گذشته، آموزش ریاضی نیز به عنوان یک رشته تخصصی دانشگاهی^۴ در صحنه بین‌المللی شناخته شده است [۴] و روشها، رویکردها و اهداف پژوهشی آن به میزان زیادی شبیه آموزش علوم و مهندسی است.

به طور کلی، سه‌گونه روش‌شناسی در پژوهشهای مربوط به این حوزه‌های دیسپلینی دیده می‌شود. البته، سهم هر کدام از این روشها به یک اندازه نیست و هر کدام با سیر تاریخی خود تکامل

1. www.areeonline.org

2. International Conference on Research in Engineering Education(ICRE)

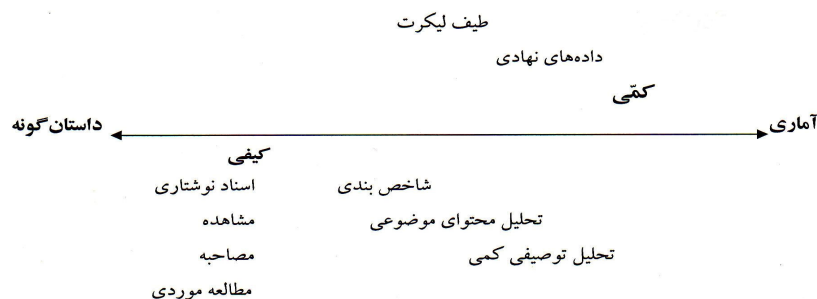
3. Directorate of Education and Human Resources(EHR)

4. Discipline

یافته و مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته‌اند. این روش‌شناسیهای سه‌گانه بر اساس درجه و وسعت استفاده شامل روش‌شناسی کمی، کیفی و ترکیبی^۱ (آمیخته) است. هر روش‌شناسی دیدگاه منحصر به‌فردی را فراهم می‌کند که به روشن کردن علتها و تأثیرها می‌انجامد. هر دو روش کمی و کیفی برای درک روابط بین تدریس و یادگیری وسایلی نیرومند هستند [۱۴]. رویکرد ترکیبی مشتمل بر ترکیبی از روشهای کمی و کیفی است که نتایج آن برابندی از نتایج دو روش مذکور است و در سالهای اخیر استفاده از آن در بین پژوهشگران آموزش علوم و مهندسی افزایش یافته است.

آیزنر^۲ (۱۹۹۱) در باره پیوستاری از انواع داده‌ها بحث کرده است که از داستان‌گونه^۳ تا ساختارمند^۴ را در بر می‌گیرد. در این چارچوب داده‌های کیفی محض نزدیک به انتهای داستانی طیف قرار دارند و به طور مستقیم با افراد و مجموعه مورد مطالعه در ارتباط‌اند، در حالی که اطلاعات کمی به میزان زیادی تحت کنترل است. هر کدام از رویکردهای کمی و کیفی شامل طیفی از روشهای متفاوت گردآوری داده‌ها هستند. برای موضوعات مربوط به سنجش آموزش علوم و مهندسی، داده‌ها می‌توانند در پیوستاری از اطلاعات داستان‌گونه تا اطلاعات آماری قرارگیرند (شکل ۱). داده‌های کیفی از مشاهدات کلاسی، مصاحبه‌ها یا اسناد نوشتاری به دست آمده درحالی که حیطه داده‌های کمی از طریق تحلیل محتوا حاصل می‌شوند [۱۵].

آمار گوسی^۵



شکل ۱: پیوستار انواع روش‌شناسی و داده‌های آماری [۱۴]

1. Mixed Methodology
2. Eisner
3. Fictional
4. Structured
5. Gaussian

در ادامه هر یک از گونه‌های مختلف روش‌شناسی در آموزش علوم، مهندسی و ریاضی بررسی و تحلیل و نمونه‌های عملی برای هر یک از این رویکردها ذکر شده است.

۴.۱. روش‌شناسی کمی پژوهش

پژوهشگران مفروضات معرفت‌شناختی متفاوتی در باره ماهیت دانش علمی و چگونگی اکتساب آن دارند. انتخاب مجموعه‌ای از این مفروضات نوع خاصی از پژوهش آموزشی را به دنبال خواهد داشت که با پژوهشهای دیگر متفاوت است. گونه‌ای از این مفروضات معرفت‌شناختی به پژوهشهای اثبات‌گرا^۱ منجر شده است که ریشه در این فرض دارد که جلوه‌های محیط اجتماعی واقعیتی مستقل را تشکیل می‌دهند و موقعیتها نسبتاً ثابت‌اند. پژوهشگر اثبات‌گرا دانش را از طریق گردآوری داده‌های عددی و رفتاری قابل مشاهده و سپس، عرضه این داده‌ها به تحلیل عددی فراهم می‌آورد. پژوهشهای کمی در واقع، همان روش‌شناسی اثبات‌گراست [۱۶]. برخی از ویژگیهای پژوهش کمی در آموزش عبارت‌اند از:

- روش گردآوری داده‌ها در پژوهش کمی با پژوهش کیفی متفاوت است؛
- از روشهای آماری برای تحلیل داده‌ها استفاده می‌شود؛
- از شیوه‌های استنباط آماری استفاده می‌شود تا یافته‌ها از یک نمونه به جامعه تعریف شده تعمیم یابند؛
- گزارشهای غیر شخصی و عینی از یافته‌های پژوهشی فراهم می‌آید؛
- داده‌های عددی برای بازنمود محیط اجتماعی فراهم می‌شوند.

داده‌های کمی در پژوهشهای آموزشی از طریق ابزارهای ذهنی^۲ مانند طیف لیکرت^۳ به دست می‌آیند. این داده‌ها به وسیله تحلیل آماری به میزان بیشتری کمی می‌شوند. با این حال، بسیاری از پژوهشگران معتقدند که اطلاعات به طور کامل کمی نیستند، به ویژه اینکه تفسیر تحلیلهای آماری بیشتر ذهنی هستند [۱۷].

یکی از مباحث مطرح شده در روش‌شناسی پژوهش در آموزش علوم و مهندسی، بحث استفاده از روشهای کیفی و کمی است. این یک موضوع طولانی مورد بحث در پژوهش آموزشی است که چه موقع استفاده از روش کیفی مناسب‌تر است و چه موقع به کارگیری روش کمی برای پژوهش اثربخش‌تر خواهد بود. بسیاری از پژوهشگران معتقدند که اطلاعات به دست آمده حتی از طریق

1. Positivist
2. Subjective
3. Likert-Scales

مطالعات تجربی کنترل شد به طور کامل کمی نیستند. زمینه پژوهش و دیدگاه پژوهشگر همیشه روش جمع‌آوری اطلاعات و تفسیر آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۵].

۲.۴. روش‌شناسی کیفی پژوهش

دو خاستگاه مهم به عنوان زیربنای پژوهش کیفی مورد توجه واقع شده است. یکی از این دو، مطالعات مردم‌شناسی و دیگری پارادایم تفسیرگرایی^۱ است. در خصوص خاستگاه اول باید اظهار داشت که مردم‌شناسان ابتدا برای انجام دادن رسالت علمی خود روش پژوهش آزموده‌ای در اختیار نداشتند. لذا، آنان ناگزیر بودند برای نیل به اهداف پژوهشی خود روشی را ابداع کنند. این روش، شیوه‌ای کل‌گرایانه بود که جوامع ابتدایی را در کلیت آن بررسی می‌کرد. این جوامع اکثراً زبان مکتوب و سابقه تاریخی مدون نداشتند و مردم‌شناس ناگزیر بود به دو روش مشاهده و مصاحبه تکیه کند. حضور مستمر محقق در عرصه عمل و مشارکت در زندگی جمعی گروه مورد مطالعه، او را در موقعیتی قرار می‌داد که در خصوص رفتارهای افراد و رخدادهای اجتماعی به طور زنده مطالعه کند. دو امر مشاهده رفتارها و رخدادهای فرهنگی و اجتماعی در حین وقوع و در صحنه عمل، دیدن امور از چشم بازیگران اصلی و نیز ویژگی کل‌گرایی از خصوصیات روش قوم‌نگاری و حتی روش تحقیق کیفی به مفهوم امروزی آن است [۱۸]. از منظر خاستگاه دوم که پارادایم تفسیری است، باید مؤلفه‌های هستی‌شناسی، معرفت‌شناسی و روش‌شناسی را در نظر داشت. از منظر هستی‌شناسی واقعیت یک پدیده مادی نیست و به تجربه‌ها و تفسیر انسان وابسته است. واقعیات اجتماعی و انسانی به صورت تاریخی در بستر جامعه و همراه با مشارکت انسانها شکل می‌گیرد و می‌تواند تعابیر مختلفی داشته باشد [۱۸]. پژوهشگران کیفی اشیا را در موقعیتهای طبیعی آنها مطالعه می‌کنند و می‌کوشند پدیده‌ها را برحسب معنایی که افراد به آنها می‌دهند، مفهوم‌سازی یا تفسیر کنند [۱۶]. برخی از ویژگیهای پژوهش کیفی در آموزش عبارتند از:

- از استقرای تحلیلی برای تحلیل داده‌ها استفاده می‌شود؛
- گزارشهای تفسیری فراهم می‌شود که منعکس کننده سازه‌های پژوهشگران از داده‌هاست؛
- داده‌های کلامی و تصویری برای بازنمود محیط اجتماعی فراهم می‌آید؛
- بعد از آنکه داده‌ها گردآوری شدند، مفاهیم و نظریه‌هایی کشف می‌شوند.
- یافته‌های موردی از طریق جستجوی موارد مشابه دیگر تعمیم می‌یابد؛

در حال حاضر، در ادبیات کیفی توافقی در خصوص تعریف روش‌شناسی کیفی وجود دارد. کرسول^۱ [۱۹]، این روش را این‌گونه تعریف کرده است:

«پژوهش کیفی فرایندی کاوشی است که بر سنت‌های روش‌شناختی متمایزی از پژوهش استوار است که در پی مسائل اجتماعی - انسانی‌اند. پژوهشگر تصویری پیچیده و کلی‌نگر می‌سازد، کلمات را تحلیل می‌کند و دیدگاه‌های جزئی اطلاعات را گزارش می‌دهد و تحقیق را در روندی طبیعی به اجرا در می‌آورد.»

در پژوهش کمی بر زمینه یک پدیده تأکید می‌شود، درحالی که در پژوهش کیفی بر تدوین تعمیم‌های پدیدارشناسی^۲ تأکید می‌شود که می‌تواند در زمینه‌های مختلف به‌کار گرفته شود [۱۴]. با وجود این، قدرت تحقیقات کیفی مبتنی بر ماهیت هدف - آزاد^۳ پژوهش کیفی است [۲۰]. اگرچه علت و تأثیر ممکن است به‌وسیله مطالعه کیفی مشخص نشود، اما یافته‌های کیفی اغلب مبانی را برای رویکردهای کمی آینده فراهم می‌آورند. در مقایسه، قدرت پژوهش کمی مبتنی بر توانایی پژوهشگران برای خلاصه کردن یافته‌های تحقیق از طریق آزمون‌های آماری معنا دار است.

از نظر ون روی^۴ [۲۱] دو چالش اولیه پژوهش‌های کیفی، نبودن دقت^۵ و عینیت^۶ است. نبودن عینیت می‌تواند ناشی از سوگیری پژوهشگر و اثر هائورن^۷ باشد. سوگیری محقق به تغییر داده‌ها به‌وسیله عقاید قبلی و تاریخی پژوهشگر اشاره دارد. دو راه برای افزایش عینیت در پژوهش‌ها وجود دارد: راه اول از طریق سه‌سوسازی است که به معنی به‌کارگیری روش‌های چندگانه برای پرسش‌های یکسان است. راه دوم استفاده از روش پژوهش در عمل^۸ است که در آن پژوهشگر خود در فعالیتهای مطالعه در حال انجام مشارکت دارد.

پژوهشگرانی که با روش‌های کیفی کار می‌کنند، اغلب با پرسش‌هایی از همکاران مردد خود مواجه می‌شوند که با این سنت پژوهشی آشنا نیستند. آنها نگران چپستی واقعی آن و چگونگی عملکرد آن هستند. همچنین، آنها این سؤال را مطرح می‌کنند که آیا دانشی که از این نوع پژوهش به دست می‌آید ارزشمند و قابل اعتماد است [۲۲]؟ جمع‌آوری داده‌ها در پژوهش‌های کیفی معمولاً شامل

-
1. Creswell
 2. Phenomenological Generalizations
 3. Open- Ended
 4. Van Rooy
 5. Rigor
 6. Objectivity
 7. Hawthorne Effect
 8. Action Research

یادداشتهای میدانی، اسناد نوشتاری دانشجویان، پیمایشها^۱ و مصاحبه است. اگر چه حجم وسیعی از داده‌ها با استفاده از روش‌شناسی کیفی به دست می‌آید، نتیجه‌گیری از این دامنه گسترده داده‌ها اغلب کاری چالش برانگیز است [۲۳].

نوعی از روش‌شناسی کیفی در آموزش علوم و مهندسی، استفاده از روش نظریه زمینه‌ای^۲ است. تئوری زمینه‌ای به عنوان پلی بین مطالعات موردی و پژوهشهای پیمایشی با مقیاس وسیع‌تر در نظر گرفته و باعث افزایش قدرت هر دو برای ترکیب در یک برنامه پژوهشی یکسان می‌شود. برخلاف اغلب روشهای کیفی، رویکرد تئوری زمینه‌ای مدعی تولید نتایج آزمون پذیر است. تئوری زمینه‌ای به دنبال پیش‌بینی‌هایی است که ممکن است موضوع آزمایشهای سنتی و آزمونهای آماری باشند [۲۴]. در تئوری زمینه‌ای هدف ایجاد الگوهایی است که بتوان با روشهای استدلال قیاسی آنها را آزمایش کرد. در تئوری زمینه‌ای قسمتهای مختلف داده‌ها برای فراهم کردن دیدگاههای شخصی به کار گرفته می‌شود و به عنوان وسیله‌ای برای روش‌شناسی سه‌سوسازی است. به دلیل ماهیت ویژه آن، تئوری زمینه‌ای نیازمند چرخه‌ای از فعالیتهای پژوهشی است. این شیوه برای بررسی مربوط به یادگیری در علوم به کار رفته است [۲۴].

۳.۴. روش‌شناسی ترکیبی پژوهش

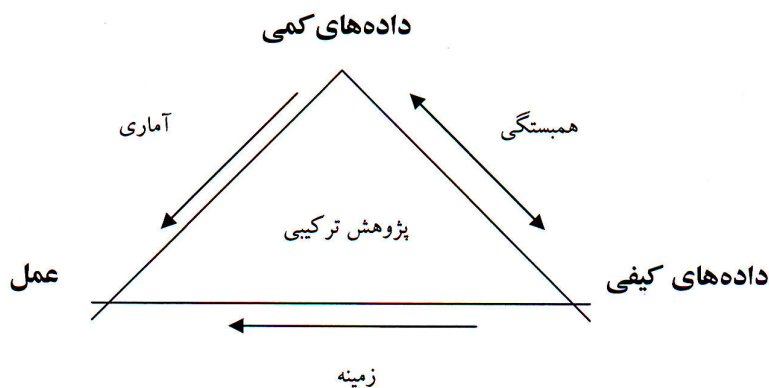
در استفاده از روشهای تحقیق در آموزش علوم و ریاضیات، ایده‌آل این است که نظریه‌ها و یافته‌های به دست آمده از یک پژوهش با روش دیگری دوباره مورد پژوهش قرار گیرد؛ برای مثال، شاولسون و تاون [۷] پیشنهاد می‌کنند در پژوهشهای کیفی باید برای «شرح و تفسیر» نتایج مشاهده شده روش آماری استفاده شود.

اگرچه برخی از پژوهشگران انتخاب یک روش پژوهش را بر دیگری ترجیح می‌دهند، اما از ترکیب داده‌های آماری با داده‌های زمینه‌ای بسیاری از پژوهشگران با موفقیت استفاده کرده‌اند، برای مثال، دری^۳ و دیگران [۲۵] هر دو نوع تحلیل کمی و کیفی را برای بررسی تأثیر درس ریاضی غیر سنتی بر توانایی استدلال دانشجویان به کار گرفتند. ارزشیابی کمی، تغییرات مهم آماری را در توانایی دانشجویان بعد از پایان درس نشان داد. با این حال، داده‌های کمی به تنهایی نمی‌توانند نشان‌دهند که چرا توانایی استدلال بهبود یافته است. استفاده از داده‌های کیفی در این پژوهش ارتباط بین طرح درس و تأثیرات منفی و مثبت آن را مشخص ساخت. نتایج بورگو [۹] نیز در آموزش مهندسی نشان داد که

-
1. Surveys
 2. Grounded Theory
 3. Derry

روشهای کیفی یا ترکیبی (کیفی و کمی) به عنوان تکمیل کننده رویکردهای کمی، می‌توانند بینش ارزشمندی را در خصوص مسائل آموزشی فراهم آورند. همچنین، اندازه‌گیری و تعریف ساختارها یا متغیرها وظایف پژوهشی کم اهمیتی نیستند.

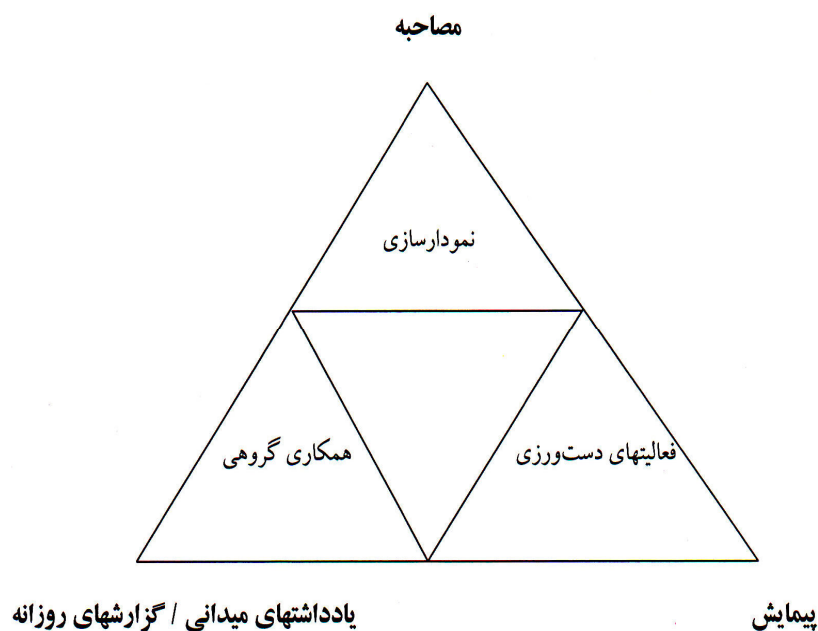
با اینکه به‌کارگیری هر یک از روشهای کمی و کیفی پژوهش در آموزش علوم مزایا و معایبی دارد، اما یک طرح تحقیق می‌تواند برای کاهش نکات منفی و افزایش نکات مثبت پژوهش، هر دو روش کیفی و کمی را به‌کار گیرد (شکل ۲). اگرچه همیشه امکان ترکیب دو الگوی کمی و کیفی وجود ندارد، با این حال، تحلیل کیفی کمبود ناشی از زمینه را در پژوهش کمی جبران می‌کند و پژوهش کمی کاربرد یک روش پژوهش کیفی خالص را گسترده می‌سازد. علاوه بر این، استفاده از داده‌های چندگانه می‌تواند باعث انعطاف‌پذیری بینش و تغییرات روش‌شناسانه‌ای شود که دقت یافته‌های پژوهش را افزایش می‌دهد [۱۴].



شکل ۲: رابطه بین داده‌های کمی، داده‌های کیفی و عمل [۲۳]

درحالی که تصمیم‌گیری در باره نمونه‌ها برای روشهای کیفی و کمی مشکل است، راهبردهای نمونه‌گیری در مطالعاتی که رویکردهای کمی و کیفی را ترکیب کرده‌اند، پیچیده‌تر است. در پژوهشهای ترکیبی باید برای هر دو مؤلفه‌های کمی و کیفی نمونه‌گیری انجام داد و در این خصوص باید دو موضوع را در نظر داشت: ۱. جهتگیری زمانی مؤلفه‌ها (اینکه مؤلفه‌های کمی و کیفی با هم یا به صورت ترتیبی اتفاق می‌افتند) و ۲. رابطه بین مؤلفه‌ها (یکسان، برابر، تودرتو یا چندسطحی) [۲۶]. گونه‌ای از ترکیب روشهای کمی و کیفی استفاده از روش سه‌سوسازی^۱ است. سه‌سوسازی شامل بازبینی دقیق داده‌های جمع‌آوری شده از طریق روشهای مختلف به منظور رسیدن به تخمین دقیق‌تر

و معتبرتر از نتایج کیفی برای یک ساخت ویژه است [۲۳]. هویو و آلن در پژوهش خود در خصوص آموزش شیمی روش سه‌سوسازی را به کار گرفتند. آنها در پژوهش خود از مصاحبه، یادداشتهای میدانی و پیمایشی (با ابزار پرسشنامه) استفاده کردند و سه عامل نمودارسازی، فعالیتهای دست‌ورزی^۱ و همکاری گروهی را با کمک این روش بررسی کردند (شکل ۳).



شکل ۳: نمونه‌ای از سه‌سوسازی در پژوهشهای آموزش علوم [۲۳]

لیبارکین و کوردزیل [۱۴] نمونه‌ای از پژوهش ترکیبی در آموزش علوم را ذکر کرده‌اند. اریک^۲، استادی با پانزده سال سابقه تدریس، مجموعه جدیدی از آزمایشهای مقدماتی زمین‌شناسی را طراحی

1. Hands-on Activities
2. Eric

کرد. او تصمیم داشت روشهای کاوش گرایانه^۱ را در این آزمایشگاهها جایگزین روشهای سنتی کند که سالها به کار می‌برد. به دلیل اینکه اریک داده‌های کیفی را نیز جمع‌آوری کرد، او قادر به شرح نابهنجاریهای موجود در داده‌های کمی و نشان دادن نتایج غیرمنتظره در ارزشیابیهای ابتدایی و پایانی بود. اریک می‌خواست بداند که آیا این آزمایشگاهها در بهبود دانش محتوایی^۲ دانشجویان مؤثرند یا نه. او یک رویکرد پژوهشی کمی پیشنهاد داد و تصمیم گرفت یک روش‌شناسی ترکیبی با استفاده از هر دو روش کمی و کیفی برای پاسخ به این سؤال پژوهش خود به کارگیرد. اریک قادر به پیدا کردن آزمونی برای سنجش محتوای موجود نبود و بنابراین، او ۲۰ سؤال آزمون را از آزمونهای نهایی پیشین استخراج کرد. اریک این آزمون را در شروع و در پایان نیمسال در اختیار دانشجویان قرار داد و تحلیل آماری را با کمک کامپیوتر قبل و بعد از آزمونها انجام داد. اریک همچنین، یک دانشجوی دانش آموخته علوم‌تربیتی را برای مشاهده آزمایشگاهها و اجرای مصاحبه گروهی^۳ با دانشجویان خود استخدام کرد. وی به دنبال این بود که بداند آیا آزمایشگاههای جدید تأثیر مثبتی بر درک از مفاهیم پایه زمین‌شناسی داشته است؟ تجربه اریک در کاربرد روشهای کمی و کیفی بار دیگر ضرورت آشنایی مربیان و استادان حوزه‌های آموزش علوم، مهندسی و ریاضی را با روشهای مختلف پژوهش آشکار می‌سازد.

۵. بحث و نتیجه

پیدایش حوزه‌های معرفتی بین رشته‌ای مانند آموزش مهندسی، آموزش علوم و ریاضی نیز و ماهیت تقریباً مشابه این رشته‌های نوظهور، باعث نزدیکی بیشتر آنها در راهبردها، اهداف و روشهای آموزش و پژوهش شده است. بررسیها نشان می‌دهد که این سه رشته تخصصی از رویکردهای پژوهشی تقریباً یکسانی بهره برده به گونه‌ای که این امر زمینه همکاری بیشتر پژوهشگران سه حوزه را با هم و البته، با حوزه مادر؛ یعنی آموزش پدید آورده است.

به طور کلی، روندهای پژوهشی جاری در آموزش مهندسی، علوم و ریاضی در دو مقوله کلی اثبات‌گرا و مابعد اثبات‌گرا قرار می‌گیرند. پژوهشهای اثبات‌گرا ناظر بر روشهای کمی و پژوهشهای مابعد اثبات‌گرا در برگزیده پژوهشهای کیفی در موضوعات آموزشی هستند. در این بین گونه سومی نیز پدیدار شده که در پی بهره‌گیری از روشها و فرایندهای هر دو روش مذکور به شکل ترکیبی است.

-
1. Inquiry Methods
 2. Content Knowledge
 3. Focus Group

آنچه امروزه به عنوان نوآوری و دستاورد جدید در پژوهشهای مربوط به آموزش به شکل عام و پژوهشهای حوزه آموزش علوم، مهندسی و ریاضی به شکل خاص مطرح است، کاربست روشهای ترکیبی یا آمیخته پژوهش در این حوزه‌هاست. داده‌های به دست آمده از کاربرد روشهای ترکیبی در پژوهش به دلیل بررسی موضوع مورد بررسی از زوایای مختلف و با نگاههای مختلف، کامل‌تر و در مواردی کاربردی‌تر از اطلاعاتی است که در نتیجه به‌کارگیری مجزای شیوه کمی یا کیفی به دست می‌آیند. اگر چه پژوهش کیفی فرصت مناسبی را برای گسترش قلمرو بررسیهای روان‌شناختی به حوزه‌هایی که قابل کمی‌سازی نیست فراهم می‌آورد، با این حال، با چالشهای خاصی در خصوص موضوع معیارهای ارزیابی پژوهش همانند اعتبار و روایی پیش رو به روست. پژوهشگران کیفی نیز به معیارهای چون روایی، اعتبار و تعمیم‌پذیری پژوهشگران کمی معترض‌اند و آنها را رد می‌کنند. در این بین به نظر می‌رسد که روی آوردن به پژوهش ترکیبی یا آمیخته در پژوهشهای آموزش علوم و مهندسی، برطرف‌کننده کاستیها و نواقص رویکردهای اثبات‌گرا به پژوهش باشد و همچنین، موضوعاتی چون اعتبار و روایی داده‌های ناشی از تحقیقات مبتنی بر رویکرد مابعد اثبات‌گرا در آنها کمتر دیده می‌شود.

هر یک از روشهای مذکور جایگاه خاص خود را در پژوهشهای مربوط به آموزش علوم، مهندسی و ریاضی دارند و رسیدن به نتایج کامل و فراگیر در این حوزه‌ها مستلزم آشنایی پژوهشگران با روشها، فرایندهای طراحی، گردآوری و تحلیل داده‌ها در هر یک از این سه رویکرد است. بدون شک، زمینه پژوهش و موقعیت ویژه آموزشی، نوع و رویکرد پژوهشی ما را در مطالعات مربوط به آموزش علوم و مهندسی تعیین می‌کند؛ بنابراین، تمایل افراطی به یک روش و دوری از روشهای دیگر کیفیت و روایی پژوهش را کاهش می‌دهد و از ارزش نتایج به دست آمده می‌کاهد.

به نظر می‌رسد چالش مهمی که در به‌کارگیری شیوه‌های آمیخته تحقیق در آموزش علوم و مهندسی مطرح است، عدم آشنایی کامل پژوهشگران این حوزه‌های معرفتی با مقوله پژوهش ترکیبی است. آشنایی بیشتر محققان با مبانی نظری، فلسفی و گونه‌های نوین پژوهش از این دست در قالب کارگاههای آموزشی و همچنین، اقبال بیشتر مسئولان نشر ژورنالهای علمی به نتایج به دست آمده از این پژوهشها می‌تواند شرایط را برای گسترش هر چه بیشتر استفاده از پژوهشهای از شق دیگر از جمله تحقیقات ترکیبی در آموزش مهندسی و علوم فراهم آورد.

مراجع

۱. سلطانی، اصغر، احمد رضا نصر، اصطفهانی و اعظم پورقازی، "بررسی امکانات کالبدی و نیروی انسانی برای راه اندازی دوره کارشناسی ارشد آموزش علوم در کشور"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال هشتم، شماره ۳۰، تابستان ۱۳۸۵.
۲. نصر، احمدرضا، اصغر سلطانی و اعظم پورقازی، "ضرورت تأسیس، ساختار آموزشی و محتوای برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد آموزش علوم"، **مجله روانشناسی و علوم تربیتی دانشگاه تهران**، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۷.
3. Hsu, T. S., "Research Methods and Data Analysis Procedures Used by Educational Researches", **International Journal of Research & Method in Education**, 28(2), 109-133, 2005.
4. Niss, M., Aspects of the Mature and State of Research in Mathematics Education, **Educational Studies in Mathematics**, 40, 1-24, 1999.
5. Kelly, A. E. and Lesh, R. A., **Trends and Shifts in Research Methods**, in: **A. E. Kelly & Lesh**(Eds.), Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education, Mahwah, N. J., Lawrence Erlbaum Association, 35- 44, 2000.
6. Suter, L. E., "Multiple Methods: Research Methods in Education Projects at NSF", **International Journal of Research & Method in education**, 28(2), 171-181, 2005.
7. Shavelson, R. J. and Towne, L., **Scientific Research in Education**, Washington D.C., National Academy Press, 2002.
8. Bennett, J., "Systematic Review of Research in Science Education: Rigor or Rigidity", **International Journal of Science Education**, 27(4), 387- 406, 2005.
9. Borrego, M., "Conceptual Difficulties Experienced by Trained Engineers Learning Educational Research Methods", **Journal of Engineering Education** (April), 91-102, 2007.
10. Seven, C., Engineering Education Reform, Civil Engineering, (November), 46-51, 2007.
11. Streveler, R. A. and Smith, K. A., "Conducting Rigorous Research in Engineering Education", **Journal of Engineering Education**, 95(2), 103- 105, 2006.
12. Hartle, T. R., A Collection of Research Reporting Theoretical Analysis, and Practical Applications in Science Education, Unpublished Doctoral Dissertation, Idaho State University, 2007.
13. Borrego, M. and Froyd, J. and Knight, D., "Accelerating Emergence of Engineering Education Via the International Conference on Research in Engineering Education (ICREE)", **Journal of Engineering Education**, 96(4), 281-282, 2007.
14. Libarkin, J. C. and Kurdziel, P. J., "Research Methodologies in Science Education: The Qualitative- Quantitative Debate", **Journal of Geoscience Education**, 50(1), 78- 86, 2002.
15. Libarkin, J. C. and Kurdziel, P. J., "Research Methodologies in Science Education: Assessing Students' Alternative Conceptions", **Journal of Geoscience Education**, 49, 378- 383, 2001.
۱۶. گال، مردیت، والتر بورگ و جویس گال، **روشهای تحقیق کمی و کیفی در علوم تربیتی و روانشناسی**، ترجمه نصر و همکاران، تهران: سمت، ۱۳۸۲.

17. Creswell, J. W., *Research Design: Qualitative and Quantitative Approaches: Thousands Oaks, CA, Sage, 1994.*
۱۸. نصر، احمدرضا و فریدون شریفیان، "رویکردهای کمی و کیفی در پژوهشهای تربیتی"، **فصلنامه حوزه و دانشگاه**، سال سیزدهم، صص. ۲۴-۷، ۱۳۸۶.
19. Creswell, J. W., *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Traditions, London: Sage Publications, 1998.*
20. Jacobs, J. K., Kawanaka, T. and Stigler, J. W., "Integrating Qualitative and Quantitative Approaches to the Analysis of Video Data on Classroom Teaching", **International Journal of Education Research**, 31, 717- 724, 1999.
21. Van Rooy, W., Addressing Possible Problems of Validity and Reliability in Qualitative Educational Research, Australian Association for Research in Education, Adelaide, Australia, 1998.
22. Ohman, A., "Qualitative Methodology for Rehabilitation Research", **Journal of Rehabil Med**, 37, 273-280, 2005.
23. Hoyo, O. M. and Allen, D. D., "The Use of Triangulation Methods in Qualitative Educational Research", **Journal of College Science Teaching**, 35(4), 42- 47, 2006.
24. Taber, K. S., "Case Studies and Generalizability: Grounded Theory and Research in Science Education", **International Journal of Science Education**, 22(5), 469- 484, 2000.
25. Denny, S. J., Levin, J. R., Osana, H. P., Jones, M. S. and Peterson, M., "Fostering Students' Statistical and Scientific Thinking: Lessons Learned from an Innovative College Course", **American Educational Research Journal**, 37, 747- 773, 2000.
26. Collins, M. T. K., Onwuegbuzie, J. A. & Jiao, G. Q., Prevalence of Mixed-Methods Sampling Designs in Social Science Research, **Evaluation and Research in Education**, 19(2), 83-101, 2006.

(دریافت مقاله ۱۳۸۹/۳/۲۴)

(پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۸/۵)