

ارزیابی چگونگی ارتقاء سطح یادگیری دانشجویان مهندسی معماری در فرآگیری مفاهیم سازه^۱

هانیه اخوت^۲

مجتبی انصاری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۱/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۲۰

چکیده

پژوهش حاضر به بررسی میزان رشد یادگیری دانشجویان مهندسی معماری در فرآگیری مفاهیم پایه در سازه از طریق روش‌های متداول و مقایسه آن با یک روش پیشنهادی می‌پردازد. بر این اساس پاسخ سوال‌های زیر در انجام این پژوهش مد نظر است:

۱- آیا همسانی یا سطوح معناداری بین میزان رشد یادگیری دانشجویان از طریق شیوه‌های مورد مطالعه مشاهده می‌شود؟

۲- آیا ساخت ماقت از پروژه‌های اجرایی اختلاف معناداری در رشد یادگیری مفاهیم سازه توسط دانشجویان نسبت به کلاس‌های تئوری ایجاد می‌نماید؟

۳- نگرش اساتید و دانشجویان نسبت به موثرترین شیوه آموزش مفاهیم سازه به دانشجویان مهندسی چیست؟ و آیا این نگرش منطبق بر یافته‌های پژوهش می‌باشد؟

روش تحقیق در این پژوهش به صورت مطالعه میدانی (Field Trial) بوده که برای تحلیل یافته‌ها از شاخصهای آماری میانگین و انحراف معیار با فاصله اطمینان ۹۵٪ و خطای مطالعه ($P<0.05$) استفاده شده است. همچنین برای مقایسه میانگین کمیت‌های جوامع مورد بررسی به تفکیک از

۱. برگرفته از کار پژوهشی آزاد وابسته به دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

۲. دکترای معماری، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران h.okhovat@yahoo.com

۳. دانشیار گروه معماری دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس m_ansari@modares.ac.ir

آزمونهای (Anova و Paired TTEST, TTest) استفاده شده است و نهایتاً نمودارها به کمک نرم افزار Excel استخراج گردید.

نتایج حاصل نشان دهنده آن است که میانگین میزان پاسخگویی دانشجویان به سؤالات در روش بهره گیری از طبیعت بیشتر از روش‌های دیگر بوده است. حال آنکه کاربرد روش‌های تئوری و ساخت ماقات، اختلاف قابل توجهی را در ایجاد رشد یادگیری دانشجویان نشان نداده است.

واژگان کلیدی:

ارزشیابی، رشد یادگیری، مهندسی معماری، مفاهیم سازه، روش‌های آموزشی.

مقدمه

امروزه بسیاری از معماران و دانشجویان معماری در مورد اهمیت معلومات سازه‌ای در دانش معماری متلاعنه شده‌اند، ولی اکتساب چنین علمی را از آنچه تصور می‌کنند، مشکلتر می‌یابند. پیشرفت سریع تکنیک‌های ساختمان سازی که در اثر استفاده از مواد جدید (مانند بتون مسلح، بتون پیش‌تنیده یا پلاستیک‌ها) به وجود آمده است و یا مشکلات محاسبات پیچیده ریاضی که جزء لاینفک محاسبه و طراحی فرم‌های ساختمانی جدید (مانند سقف‌های بزرگ با شکل‌های گوناگون) می‌باشد، باعث می‌شود که برای هر معمار بدون زمینه تکنیکی و سازه‌ای، فهم امکانات و خصوصیات روش‌های جدید ساختمان سازی عیر ممکن باشد. لذا بایستی شرایطی فراهم گردد تا دانشجویان معماری در دانشکده‌ها بدون آموزش دقیق ریاضیات، فیزیک و اقتصاد موفق به درک کاملی از جنبه سازه‌ای معماری شوند و جهت طراحی بناهای همگام با تکنولوژی روز، ضروریات عمکرد سازه‌ای بدون آموزش علوم ریاضی و فیزیک از جانب معماران درک شود. بنابراین بایستی تمایزی روشی بین مفهوم اصول سازه‌ای و دانش دقیق تجزیه و تحلیل سازه‌ها برقرار نمود.

در این مقاله پس از بررسی رایج‌ترین مدل‌های آموزش درس ایستایی اعم از مدل سنتی و دیگر شیوه‌های معمول در کشورهای مختلف، سه مدل آموزشی که به طور عمده و بر اساس شرایط و امکانات موجود در دانشگاه‌های شهر تهران - به عنوان حوزه مطالعاتی پژوهش حاضر نیز مطرح می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفته و مطالعات به صورت پژوهش میدانی بر دانشجویان معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، آزمایش شده است.

اهمیت آموزش دروس سازه به معماران

سازه وسیله کارآمد و مؤثری در خدمت هنر معماری است و معمار باید بتواند در خلق آثار خود از قابلیت‌های آن به نحو هنرمندانه‌ای بهره برداری کند. برای رسیدن به این میزان بهره برداری و خلاقیت باید از آشنایی‌های سطحی و کسب مهارت‌های اولیه فراتر رفت و به درک عالی تری از مفاهیم سازه‌ای دست یافت. خلاقیت و نوآوری از مسائل بسیار مهمی است که با وجود تدریس دروس آن در کشورهای پیشرفته، در نظام آموزشی ایران نبود آن بسیار بارز و مورد توجه است (Taylor, 1982, 24).

معماران صرفاً در حد آشنایی با جنبه های سازه ای پژوهه های خود یا در حد برقراری ارتباط منطقی با مهندسین سازه و حتی گاهی اوقات محاسبه بعضی از اجزای سازه ای، محدود و مختصر نشود. بلکه هدف متعالی تر کردن بهره بوداری هوشمندانه و تمام عیار از توان سازه در تمام طول مراحل طراحی است. برای دستیابی به چنین قدرت و توانایی دانشجویان باید به درک عمیقتر و دقیق تر از رفتار سازه‌ای ساختمان ها دست یابند(مگردیچیان ، ۱۳۷۶ ، ۶۷). روسری^۱ در زمینه لزوم آموزش مهندسی در دانشکده های معماری می گوید: "آرزویم خلق دانشکده ای است که نامش ترکیبی از معمار ، مهندس عمران و نقشه بردار باشد. چنین دانشکده ای دیگر دانشکده معماری نخواهد بود" (مهدوی ، ۱۳۷۶ ، ۷۳). نروی^۲ درباره لزوم آشنایی معماران با دانش سازه چنین می گوید: "حتی که معماران محاسبات سازه ها را به یک متخصص واگذار می کنند باید خودشان توانایی ایجاد و دادن تنسبات صحیح به آن را داشته باشند، تنها در آن شرایط یک سازه می تواند سلامت حیات و احتمالاً زیبایی را توانماً در بر داشته باشد(سالوادوری، ۱۳۷۴ ، ۴). سالوادوری معتقد است از آنجا که گفتگو بین معمار و مهندس محاسب، ضروری است معمار باید علوم سازه ای لازم را فرا گیرد. یادگیری این علوم به ویژه در دوران کنونی که تکنیک های سازه ای به سرعت در حال پیشرفت بوده و دارای رفتار پیچیده ای هستند، ضروری است. در غیر این صورت فهم امکانات و خصوصیات سازه ای جدید غیرممکن خواهد بود و معمار فاقد دانش سازه ای از میدان معماری معاصر بیرون رانده خواهد شد(سالوادوری، ۱۳۷۴ ، ۵). پیامد دوگانگی های ایجاد شده میان معماران و مهندسان سازه در قرن بیستم ، مدارس معماری در غرب تأسیس شدند که در آنها دروس سازه ای نیز تدریس می شد، به گونه ای که هماهنگی - های لازم میان معماران مهندسان صورت پذیرد. یکی از این مدارس که جهت نزدیکی معماری به مهندسی ساختمان تأسیس شد، مدرسه باهاوس بود. گروپیوس^۳ مؤسس مدرسه معتقد بود معمار بایستی صنعتگر هم باشد، کار با مصالح را فرا گیرد، خواص و قابلیت های آن را بشناسد و همراه با آن نظریه های فرو و طراحی را هم بیاموزد(گیدیون، ۱۳۵۰ ، ۴۱۸).

¹ Aldo Rossi² Pier Luigi Nervi³ Walter Grupios

گوتمان^۱ در مقاله طراحی دوباره مدارس معماری، کمبودهای آموزش معماری را مطرح می‌کند. از جمله این کمبودها تأکید بیش از حد برنامه‌های درسی بر طراحی و تاریخچه نظری ایده‌های طراحی است، در حالی که معلوماتی که در مورد تکنولوژی ساختمان و اجرا داده می‌شود، بسیار کم است. به همین دلیل دست اندرکاران صنعت ساختمان اغلب از کمبود اطلاعات فنی معماران شکایت می‌کنند. بنابراین معمار باید از دانش سازه‌ای کافی برخوردار باشد(Gutmann, 1956, 21)

امروزه در دانشکده‌های معماری، آموزش سازه به عنوان یکی از دروس اساسی و مهم و تحت عنوان درس "ایستایی" به دانشجویان معماری تدریس می‌شود. ولیکن هنوز در اکثر دانشکده‌های معماری- حداقل در شهر تهران به عنوان محدوده مطالعاتی پژوهش حاضر این درس به طریق کلاس‌های معلم محور و به صورت سخنرانی تئوری استاد در کلاس انجام می‌گیرد. حتی در تعیین نوع واحد دروس برای درس ایستایی، ۲ واحد نظری در نظر گرفته اند و واحد عملی برای آن تعیین نشده است. در صورتی که در اکثر دانشکده‌های معماری کشورهای پیشرفته این درس در به صورت ۱ واحد نظری و ۱ واحد عملی (کشورهای اسپانیا، فرانسه، ایتالیا، انگلستان) و یا ۱ واحد نظری و ۲ واحد عملی (آلمان، ژاپن، دانشگاه بریتانیا کلمبیا و دانشگاه کالیفرنیا در ایالات متحده آمریکا، سوئیس) در نظر گرفته شده است. (Alcom, 2003, 42)

لذا جهت آموزش بهتر و مفیدتر درس ایستایی به دانشجویان معماری، مدل‌های رایج آموزش در سایر کشورها معرفی و بررسی می‌گردد.

۳- بررسی انواع مدل‌های آموزش درس ایستایی

۳- الف) مدل آموزش تئوری : در این مدل که بیشتر در دانشکده‌های معماری کشورهای در حال توسعه انجام می‌گیرد، کلاس‌ها به صورت معلم محور و تئوری تشکیل می‌شود. استاد مربوطه مباحث درس ایستایی را به صورت سخنرانی در کلاس مطرح می‌کند و به حل مسائل و تمرینات این درس می‌پردازد. در آخر ترم از مباحث و مسائل مطرح شده در کلاس امتحان نظری به عمل می‌آید. در بعضی از موارد از نمونه‌های اجرا شده از سیستم

^۱ Robert Gutmann

های سازه ای نوین، اسلامیدهایی نشان داده می شود. در اکثر دانشکده های معماری شهر تهران از این مدل برای آموزش این درس بهره گیری می شود.

مشکلات مدل آموزش ثوری درس ایستایی

در سال ۱۹۷۶ میلادی شیوه آموزش ثوری درس ایستایی در دانشکده معماری دانشگاه کالیفرنیا در برکلی از طرف دانشجویان مورد اعتراض واقع شد (Macdonald, 1997, 147). در پی ابزار این نارضایتی، کمیته ای مشکل از اعضاء هیئت علمی دانشکده جهت بررسی مشکلات موصوف تشکیل شد. در اطلاعیه نهایی این کمیته آمده است: "از طرفی می‌توان اظهار نمود که برنامه آموزش ایستایی در دانشکده‌های معماری به لحاظ روش، بیشتر بر مبنای آموزش سنتی انتقال مفاهیم سازه از طریق دروس ثوری بوده است که این مسئله برای نیل به اهداف آموزشی معماران کافی نبوده است. البته وجود کارگاه‌ها و تمرین‌های ایستایی به شکل تجربی و حسی و با ساخت ماکت در دروس ترکیب ۲ و ۳ (یا مقدمات معماری ۱ و ۲ جدید) که در آن خلاقیت و تجربه شخصی دانشجویان دخیل است، در جهت نیل به درک مبانی سازه در دانشکده‌های معماری حائز اهمیت بوده است.^۱ به علاوه در دانشکده‌های معماری، این دروس بسیار سطحی تر از دانشکده‌های سازه تدریس می‌شوند و به این ترتیب نه مشخصات فنی مورد لزوم و نه منظور دیگری را بر آورده می‌کند. این مشکل را به خوبی در پروژه‌های دانشجویی و یا پروژه‌های اجرایی فارغ التحصیلان می‌توان مشاهده نمود. اگرچه برنامه رایج ارائه دروس سازه ای و توالی آنها به صورت فیزیک، استاتیک، مقاومت مصالح، دروس تجزیه و تحلیل و طراحی ممکن است از نظر انتقال اطلاعات و مفاهیم منطقی به نظر برسد، اما به این ترتیب دانشجویان عملاً در مراحل اولیه تجزیه و تحلیل اجزاء باقی مانده، از کل جریان طراحی به دور می مانند و اصول لازمه و اساسی به آنها منتقل نمی شود. به نحوی که پس از فارغ التحصیل شدن نمی توانند از این آموزش استفاده کنند و آن چه آموخته‌اند نیز خیلی زود از یاد برده و فراموش می‌کنند" (Macdonald, 1997, 148)

^۱. دست کم این تمرین‌ها سالهای است که در دروس مقدماتی دانشکده هنرهای زیبا و دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی در حال انجام است.

اگرچه بیش از ربع قرن از صدور این بیانیه در دانشگاه کالیفرنیا می‌گذرد، اما گویی وضع آموزش درس ایستایی در اکثر دانشکده‌های معماری شهر تهران چه بسا ایران را به تصویر کشیده است؛ به طوری که دانشجویان معماری پس از گذراندن واحد ایستایی، مباحثت مطرح شده در کلاس را فراموش کرده و توانایی استفاده از دانش و مهارت‌های نوین سازه‌ای را در طراحی‌های معماری خود پیدا نمی‌کنند. گفتنی است که با وجود بیانیه مذکور، هجده سال طول کشید تا وضع آموزش سازه در دانشگاه کالیفرنیا دگرگون و متتحول گردد. مشکلی که هنوز در بسیاری از دانشکده‌های معماری به صورت حل نشده باقی مانده است.

۳-ب. مدل‌های رایج آموزش درس ایستایی در سایر کشورهای جهان

۳-ب-۱. استفاده از تجهیزات عملی و کارگاهی جهت درک عمیق مفاهیم سازه‌ای : در این مدل ابتدا تمام مفاهیم ایستایی که در طول ترم آموزش داده می‌شود، در جدولی گردآوری شده، سپس مفاهیم در گروههای متناسب با یکدیگر طبقه بنده می‌گردند و پیرامون مباحثی که قابلیت بررسی در کارگاه را دارند، تحقیق صورت می‌گیرد. بدین صورت که استاد درس ایستایی به همراه استاد کار^۱، پیرامون نحوه عملی شدن و طراحی تجهیزات مورد نیاز برای بیان مفهوم خاص سازه‌ای به بحث پرداخته و تصمیمات مقتضی را اتخاذ می‌نمایند. سپس به اتخاذ تصمیم با توجه به ملاحظات اقتصادی جهت ساخت یا خرید قطعات مورد نیاز برای مدل می‌پردازند(Alcom,2003,78). این روش با تکیه بر درک پایه ای مفاهیم ایستایی با استفاده از تجهیزات عملی و در کارگاه بدون نیاز به محاسبات ریاضی پیچیده، در برخی از کشورهای پیشرفته مورد آزمایش واقع شده و از آن استفاده می‌شود.

۳-ب-۲. استفاده از رایانه و امکانات چند رسانه‌ای برای درک مفاهیم سازه‌ای: در این مدل آموزشی ، با استفاده از تکنولوژی رایانه امکان برقراری ارتباط به صورت مجازی با روش‌ها و سیستم‌های سازه‌ای نوین فراهم می‌شود. در حقیقت این روش نشان می‌دهد روش‌های علمی کمی میتوانند با روش‌های کیفی و مفهومی ادغام شوند و هر دو در جنبه‌های علمی طراحی ساختمان تأثیرگذار باشند(Vasigh, 2005,87)

^۱ این واژه به معنای کمک مربي و کمک استاد می‌باشد و در دانشگاه‌های ایران به شخصی اطلاق می‌شود که تجربه و سطح علمی پایین تری نسبت به استاد داشته و در امر راهنمایی دانشجویان در یک زمینه درسی، با استاد همکاری می‌کند.

اجرای این مدل نیازمند صرف وقت و دقت زیادی هم از جانب استادان درس ایستایی و هم از جانب دانشجویان می باشد؛ به طوری که سازه های انتخابی برای معرفی در کلاس بایستی درک اصول پایه و جنبه های عملی طراحی سازه ای مانند امکانات موجود در سازه به کار گرفته شده در محیط ایجاد شده را تسهیل نماید و نیز ابزار آموزشی (رایانه و سایر امکانات رسانه ای) باید موجب اثربخش شدن مباحث مطرح شده توسط استاد در کلاس شده و باعث بهبود در یادگیری دانشجو شود و نه اینکه سردرگمی بیشتر وی در مفاهیم سازه ای را سبب گردد.

۳-ب-۳. ساخت ماکت از روی سازه های اجرا شده در جهان برای درک مفاهیم سازه ای: در این مدل پس از تدریس تئوری درس ایستایی، از دانشجویان خواسته می شود تا از با الگوبرداری از روی سازه های نوین اجرا شده در دنیا، به ساخت ماکت پردازند. از این روش برای تدریس سیستم های نوین سازه ای، مسیر انتقال بار در آنها، چگونگی پایداری این سیستم ها و غیره می توان بهره گیری کرد. بدین طریق که معرفی انواع سیستم های ساختمانی شامل پوسته ها (نظام لایه های فشاری)، غشاء نازک (نظام لایه های کششی)، سازه های متحرک باز و بسته شونده (نظام لایه های جمع و یا تا شونده)، سازه های فنری مهار شده (نظام لایه های منبسط یا منقبض شده) و انواع سازه های کابلی از طریق ساخت مکانیزم و ماکت های آموزشی صورت می گیرد (Siegel, 1975, 54).

۳-ب-۴. استفاده از مدل سازی مفهومی و ساختارهای طبیعی برای آموزش مفاهیم سازه ای: در این مدل جهت تدریس درس ایستایی استاد مربوطه به ارائه مدل سازی مفهومی در راستای مبحث تدریس شده می پردازد، چنانچه این امکان حاصل شود که مفاهیم سازه ای به صورت فیزیکی و قابل لمس به دانشجویان نشان داده شود، یادگیری دانشجویان در این درس به صورت چشمگیری افزایش می یابد. برای مثال، مباحث مسیر حرکت نیرو، رابطه میان خیز و دهانه، تعادل و کنترل سازه و غیره اصول و مفاهیم سازه ای انتزاعی هستند و نمی توان آنها را به طور مستقیم لمس کرد. بنابراین بسیاری از دانشجویان مشکلاتی را در درک این گونه مفاهیم تجربه می کنند (محمودی، ۱۳۸۴، ۱۵۶). اگر این مفاهیم سازه ای با استفاده از ساخت مدل ساده آموزش داده شود، کیفیت یادگیری دانشجویان بهبود خواهد یافت. از طرفی دیگر چنانچه دانشجویان مفاهیم سازه ای را بر اساس مکانیزم رفتاری ساختارهای

موجود در طبیعت و الگوهای طبیعی بیاموزند، درک پایه‌ای آنها از چگونگی رفتار و عملکرد سازه‌ها نیز افزایش می‌یابد (Komendant, A., 1975).

آندریاس فانینگر در کتاب آناتومی طبیعت تکامل ساختار و فرم در طبیعت را واکنش هوشیارانه برای بقاء دانسته است. در واقع فرم و ساختار طبیعی، حاصل جریان پیوسته سازگاری با نیروهای طبیعی است. شبیه سازی و همانند سازی به محیط از رویکردهای مهمی بوده که همواره معماران در تلاش اند که در طراحی‌های معماری آنها را تحقق بخشنند. برای موجودات زنده روند شبیه‌سازی برپایه تطبیق کارکردی و همانندسازی بر پایه تطبیق ساختاری در معماری بازتاب داشته اند و در روند‌های گونه شناسی، رشد ساختارهای مصنوعی و در مقیاسی بزرگ‌تر، در زایش و رشد بافت‌های شهری دیده می‌شوند (زمانی، ۱۳۷۸، ۴۵۸). مباحثی شامل نحوه مقابله با نیروها، کمینه گرایی در استفاده از مصالح برای ایجاد بهینه ترین فرم سازه‌ای، ارتباط هندسه و سازه، سلسله مراتب انتقال نیرو و ... در طبیعت وجود داشته و با الگوبرداری از قوانین موجود در طبیعت، منبعی برای آموزش مفاهیم ایستایی به دانشجویان رشته معماری فراهم می‌گردد (مشايخ فریدنی، ۱۳۷۷).

۴- پژوهش میدانی جهت ارزیابی مدل‌های پیشنهادی آموزش درس ایستایی
 با توجه به اینکه آموزش درس ایستایی مشتمل بر سه حیطه "ادرک علمی و عقلی"، "ارتباط حسی" و "توان به کارگیری عملی مفاهیم و قوانین سازه‌ای در طراحی" می‌باشد (شعبانی، ۱۳۸۴، ۱۴۹)، (سیف، ۱۳۷۴، ۹۸). جهت دستیابی به آموزشی مؤثر و کارآمد پیشنهاد می‌گردد که بر اساس سه حیطه مذکور، ابتدا به دانشجویان دانش تئوری ایستایی تدریس شده تا توان تحلیل و ترکیب را در این درس بیابند، سپس امکان لمس و حس کردن مفاهیم ایستایی از طریق مدل سازی و ساده سازی مسائل ایستایی فراهم شود و در نهایت دانشجویان بعد از طی مراحل مشاهده و درک پایه ای مفاهیم، توانایی تحلیل مدل‌های سازه‌ای بر اساس الگو برداری از طبیعت را به دست آورند و بتوانند مفاهیم و قوانین سازه‌ای را در فرآیند طراحی‌هایشان را به صورت امری درونی و ناخودآگاه به کار بزنند.

جهت ارزیابی تاثیر مدل‌های آموزشی مذکور در میزان یادگیری دانشجویان، ابتدا تحلیل اجمالی در خصوص مزایا و معایب و امکان بهره‌گیری از هر روش در کشور براساس

پیشنهادات افراد صاحب تجربه در این زمینه به شرح زیر صورت پذیرفت و بر مبنای آن سه مدل مناسب‌تر جهت ارزیابی گزینش شدند:

مدل ۳-ب-۱. در دانشکده های معماری کشورمان به علت مسائل اقتصادی نظیر کمبود بودجه دانشگاه ها جهت تجهیز کارگاه و خرید قطعات مورد نیاز، عدم هماهنگی های لازم میان استاد درس ایستایی و استاد کار، عدم وجود فضای کافی در دانشگاهها جهت تخصیص دادن به کارگاه درس ایستایی و غیره، اجرای این مدل آموزشی چندان منطقی به نظر نمی رسد.

مدل ۳-ب-۲. با توجه به وقت و بودجه مالی محدودی که برنامه آموزشی مصوب از طرف دانشکده به درس ایستایی اختصاص می دهد، اجرای این مدل که مستلزم توجه خاص و بیشتری است، با مشکلاتی روپرور است. البته باید اظهار نمود که با توجه به رویکرد رسانه‌ای و رایانه‌ای که بی تردید در آینده به شکل‌های روان‌تر و سریع‌تری خواهیم داشت (حتی به لحاظ نرم افزاری)، این مدل کمک بسیار مناسبی برای درک رفتار سازه‌ها خواهد بود و امید است اتخاذ سیاست‌های مناسب، شرایط را جهت بهره‌گیری بیشتر از این شیوه هموار سازد و لیکن پرداخت علل و چگونگی این مسئله خود نیازمند واکاوی در پژوهش‌های دیگر است.

مدل ۳-ب-۳. این مدل آموزشی از این رو که به هزینه و امکانات چندانی نیاز نداشته و از طرفی درک سازه‌ای دانشجویان را افزایش می دهد، می تواند در دانشکده‌های معماری استفاده شود.

مدل ۳-ب-۴. این مدل در بسیاری از کشورهای پیشرفته دنیا مورد استفاده قرار گرفته و نتایج مطلوبی را در بی داشته است.

بر اساس ارزیابی‌های اولیه سه مدل، "آموزش تئوری" به عنوان یکی از رایج‌ترین روش‌ها، "ساخت ماکت از روی پروژه‌های اجرا شده در جهان" و "استفاده از مدل‌سازی مفهومی و ساختارهای طبیعی برای آموزش مفاهیم سازه‌ای"، بر اساس سنجش امکانات قابل دسترس و به عنوان معمول‌ترین روش‌ها برای اجرای مدل‌های آموزشی انتخاب گردید. (جهت اجرای سه مدل مذکور نیاز به امکانات چندانی در دانشکده نبود و همین امر امتیاز مثبتی برای آنها محسوب می‌شد). و در نیمسال دوم سال تحصیلی ۱۳۸۵-۱۳۸۴ در رشته معماری

دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز به اجرا در آمد. روش اجرای مدل‌ها به این گونه صورت گرفت که از ابتدای شروع ترم، دانشجویان در سه گروه ۲۰ نفره تقسیم بندی شدند، (پراکنده‌گی دانشجویان از لحاظ میانگین معدل دروس در ترم های گذشته در سه گروه بیان شده، کاملاً یکسان در نظر گرفته شد و هیچ گونه برتری وجود نداشت. همچنین با توجه به اینکه شرایط مدرسین سه گروه به لحاظ توان تدریس هم می تواند عامل مداخله گر به حساب آید، هر سه گروه توسط یک مدرس- دکترای سازه، با درجه دانشیاری و سابقه ۱۵ سال تدریس در دانشکده معماری- تحت آموزش قرار گرفتند) بر دانشجویان گروه اول مدل "آموزش تئوری" آزمایش گردید، به طوری که مفاهیم تئوری درس ایستایی در طول ترم، تدریس و در برخی از موارد اسلایدهایی از سازه‌های اجرا شده در دنیا و نحوه پایداری آنها نمایش داده می شد. دانشجویان گروه دوم تحت تأثیر مدل آموزشی "ساخت ماقت از روی پروژه‌های اجرا شده در جهان" قرار گرفتند. در اجرای این مدل پس از تدریس نظری مباحث ایستایی از دانشجویان خواسته شد تا با توجه به نمونه‌های پروژه‌های اجرایی موجود در جهان، به ساخت ماقت بپردازنند. دانشجویان در این مدل، به انتخاب خود سازه نوین اجرا شده اعم از سازه های کابلی، پوسته ها، سازه های چادری، سازه های ورق تا شده و ... را بررسی و جهت درک رفتار سازه‌ها از روی آنها ماقت می ساختند.

در گروه سوم، مدل آموزشی نوع سوم آزمایش گردید به نحوی که همزمان با آموزش تئوری، مفاهیم تدریس شده که امکان نمایش فیزیکی و ارائه مدل برای آن وجود داشت، (مانند مباحث نسبت دهنده به خیز، ممان اینرسی، مسیر حرکت نیرو، ارتعاش، تشديد، خمش و...) به صورت قابل مشاهده و قابل لمس توسط استاد مربوطه به دانشجویان نشان داده شد. سپس از آنها خواسته شد تا یک نوع مدل سازه‌ای را اعم از سازه های پوسته‌ای، خرباها، سازه‌های متحرک باز و بسته شونده، سازه‌های چادری و ... را انتخاب کرده و به تجزیه و تحلیل سازه انتخابی خود با نمونه های مشابه موجود در طبیعت بپردازنند. دانشجویان با مطالعه ساختارهای طبیعی موجود در طبیعت، رفتار انواع سازه های تدریس شده را بررسی و تجزیه و تحلیل می کردند.

بدین ترتیب جهت ارزیابی چگونگی تأثیرگذاری هر مدل آموزشی بر وضعیت یادگیری دانشجویان، در پایان ترم، در میان سه گروه ذکر شده آزمون مشترک برگزار شد. سوال‌های

آزمون به گونه ای طراحی شده بود که در راستای مفاهیم تدریس شده در بین سه گروه قرار گیرد و به هیچ وجه از مباحث آموزش داده نشده و مطرح نشده در کلاس، سؤالی طرح نشده بود.

۴-۱- دانشجویان گروه اول : تحت تأثیر مدل آموزش تئوری؛

در این گروه آموزش درس ایستایی به صورت سنتی و متداولی که در اکثر دانشکده های معماری تدریس می شود، آموزش داده شد. گفتنی است سه گروه مطرح شده از نظر آموزش تئوری و مباحث نظری درس ایستایی کاملاً با یکدیگر پیش رفتند و بنابراین از لحاظ آموزش تئوریک در یک سطح قرار داشتند.

۴-۲- دانشجویان گروه دوم: تحت تأثیر مدل آموزشی ساخت ماکت از روی پروژه های اجرا شده؛

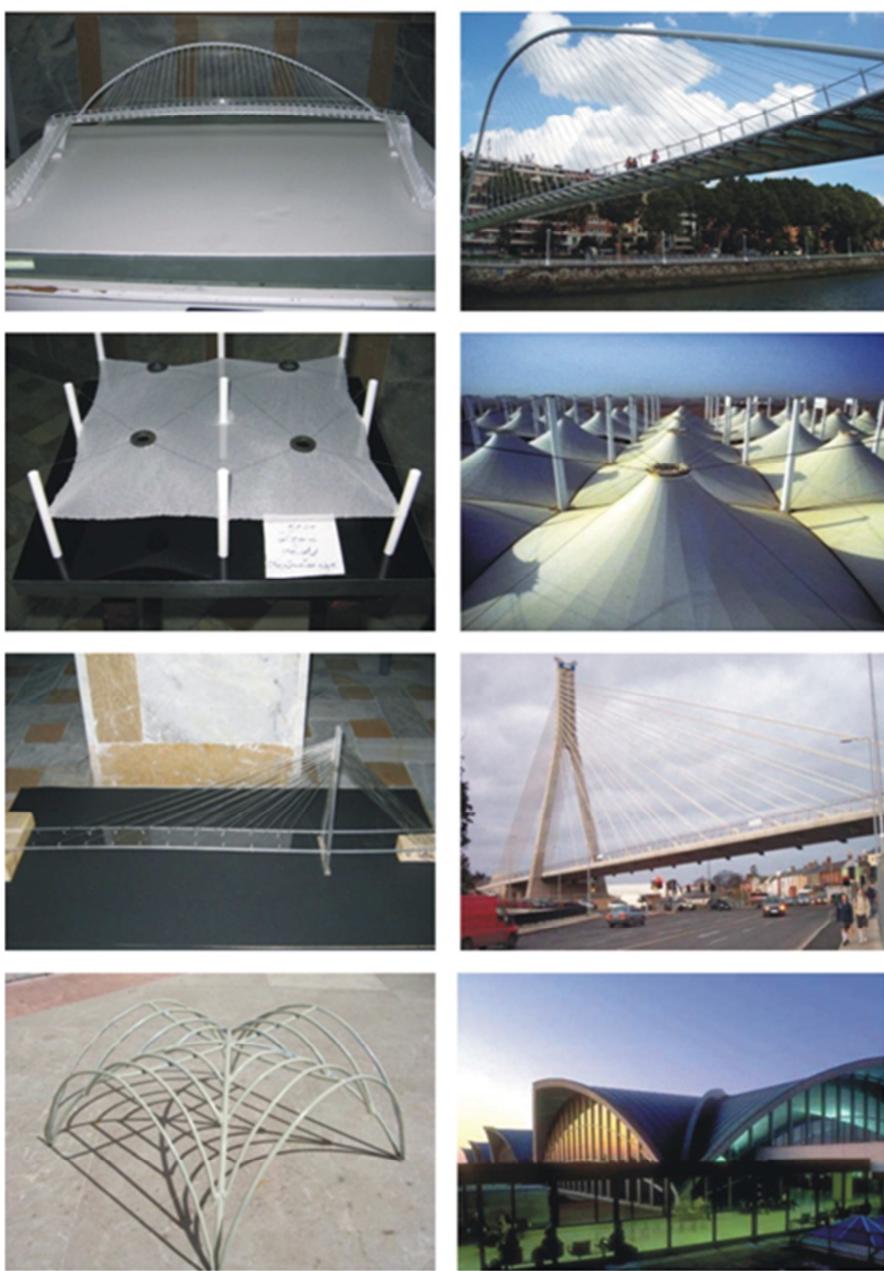
در این گروه دانشجویان پس از آموزش تئوری ایستایی و آشنایی با انواع سیستم های سازه ای نوین در پایان ترم تحصیلی، به ساخت ماکت از روی پروژه های اجرا شده در کشورهای پیشرفته می پرداختند (تصاویر ۱، ۲، ۳). هدف از ساخت ماکت، آشنایی با چگونگی رفتار سازه ها شامل مسائل پایداری، مسیر انتقال بار در آنها، روش های اجرا و شناسایی اعضای سازه ای این سیستم های ساختمانی بود.

تصویر شماره ۱. نمونه ای از ماکت ساخته شده توسط دانشجویان کارشناسی معماری دانشگاه آزاد تهران

مرکزی (تصویر سمت چپ) از پروژه های اجرایی (تصویر سمت راست) مأخذ: (نگارندگان)



تصویر شماره ۲. نمونه‌ای از مراکت‌های ساخته شده توسط دانشجویان کارشناسی معماری دانشگاه آزاد تهران مرکزی (تصاویر سمت چپ) از پژوهش‌های اجرایی (تصاویر سمت راست) مأخذ: (نگارندگان)



تصویر شماره ۳. نمونه هایی از مکت های ساخته شده توسط دانشجویان در جهت درک مفهوم سازه کششی با توجه به مدل های اجرایی



۴-۳- دانشجویان گروه سوم : تحت تأثیر مدل آموزشی مدلسازی مفهومی و ساختارهای طبیعی؛

در این گروه همزمان با تدریس تئوری درس ایستایی، نمایشن مدلسازی های ساده از مفاهیم پایه ای ایستایی توسط استاد مربوطه صورت می گرفت. در حقیقت در این نوع آموزش سعی می شد تا برای هر مفهوم سازه ای، نمونه ای ملموس و قابل مشاهده از وسایل ساده ساخته شود و با ارائه آن هنگام تدریس، بر درک سازه ای دانشجویان افزوده گردد (تصویر ۴).

تصویر شماره ۴. نمونه‌ای از مدل آموزشی ارائه شده توسط مدرس درس ایستایی برای آموزش مفاهیم کشش و فشار در سازه‌های تنسگریتی، نیمسال دوم تحصیلی ۱۳۸۴-۱۳۸۳، دانشگاه آزاد واحد تهران مرکزی، مأخذ: (نگارندگان)



همچنین از دانشجویان خواسته شد تا یک نوع مدل سازه‌ای را اعم از سازه‌های پوسته‌ای، خرپاها، سازه‌های متحرک باز و بسته شونده، سازه‌های چادری و ... را انتخاب کرده و به تجزیه و تحلیل سازه انتخابی خود با نمونه‌های مشابه موجود در طبیعت بپردازند. دانشجویان با مطالعه ساختارهای طبیعی موجود در طبیعت، رفتار انواع سازه‌های تدریس شده را بررسی و تجزیه و تحلیل می‌کردند و در نهایت در جلسه پایانی کلاس، هر یک از دانشجویان سازه انتخابی خود را در قالب سمینار معرفی و مشابهت آن را با الگوها و ساختارهای طبیعی موجود، بیان می‌کردند (تصاویر ۵، ۶، ۷).

تصاویر شماره‌های ۵، ۶، ۷ نمونه‌ای از پژوهه‌های تحقیقی دانشجویان با رویکرد بهره‌گیری از ساختارهای طبیعی به همراه ساخت مدل آموزشی مربوطه برای ارائه در جلسه سمینار، مأخذ: (نگارندگان)

تحلیل مقدمه گذشت گوژریک بر اساس ساختار اسکلت مرجان های دریایی

و گذشت عملکرد سازه های تنسگری بر اساس آنچه در این اقسام

بررسی رفتار سازه های منکی بر کابل با تحلیل ساختار تار عنکبوت

ساختار تار عنکبوت از استحکام بالا
برخوردار است. تحلیل این استحکام
فرمی، شبکه به باقیانده شده تارهای آن
می باشد. همچنان که شبکه ای مشتمل بر
دوباره متعدد رگ های هسته اصلی، مازه تار
عنکبوت را تشکیل می دهد و شبکه
فرمی خود را بر آن ایجاد می کند
را به همو انتقال می دهد.

رفتار شبکه تار عنکبوت به نحوی است که می تواند وزن عنکبوت و سایر حشرات
را به خوبی تحمل کند.

مدلسازی شبکه تار عنکبوت

سازه های کابله ای ساخته شده
در جهان را می بینید. این ساخته
که بر پرتوی خود وارد از
شکل و ریزی می استفاده
می شود که این های داخلی
همان قدر به صورت شمار
و اکثراً مستحکم باشند.

نیمسال دوم سال تحصیلی ۱۳۸۲-۱۳۸۳

بر این اساس در ابتدا برای بررسی تاثیرگذاری یا عدم تاثیرگذاری روش فوق در یادگیری دانشجویان با توجه به وجود سمینارهای کلاسی در این شیوه، سؤالاتی قبل و بعد از برگزاری سمینار توسط دانشجویان از مبحث مربوط مطرح گردید تا با اثبات صحت تاثیرگذاری این شیوه آموزشی در یادگیری دانشجویان، روش فوق جهت بررسی میزان رشد با سایر روش‌ها در پایان ترم به مقایسه و آزمون گذارده شود. در این راستا سؤالات زیر مطرح گردید و نتایج حاصل مورد بررسی قرار گرفت:

- ۱- دلیل تحمل نیروهای واردہ توسط تارهای عنکبوت چیست؟
 - ۲- تحمل وزن عنکبوت توسط پاهای نازک این حشره چگونه است؟
 - ۳- واکنش سیستم‌های تنفسگریتی به تغییرات محیطی به چه صورت است؟
 - ۴- دلیل تعادل و بازگشت پوسته بادکنک به جای اول بعد از برداشتن فشار خارجی چیست؟ (کشش پیوسته + فشار ناپیوسته = سعی در تبیین مفهوم تنفسگریتی)
- نتایج سؤالات فوق به صورت زیر مورد بررسی قرار گرفت:

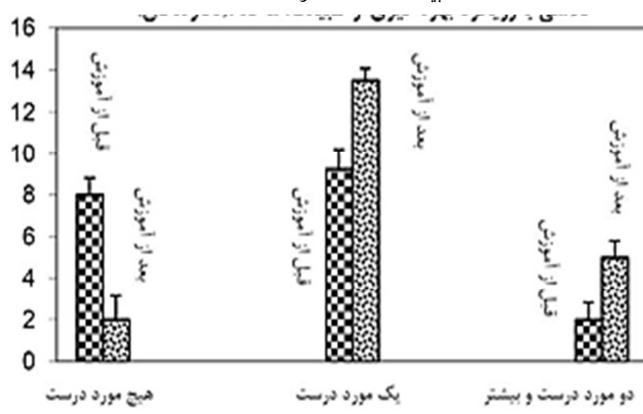
جدول ۱: معنی داری آماری با $P < 0.05$. نتایج آزمون قبل و بعد از برگزاری سمینار کلاسی با رویکرد بهره‌گیری از طبیعت، مأخذ: نگارندگان

دو مورد درست و بیشتر				یک مورد درست				هیچ مورد درست				آزمون سوال
بعد از آموزش	قبل از آموزش	بعد از آموزش	قبل از آموزش	بعد از آموزش	قبل از آموزش	بعد از آموزش	قبل از آموزش	بعد از آموزش	بعد از آموزش	بعد از آموزش	بعد از آموزش	
درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	تعداد
۲۵	۵	۱۵	۳	۷۰	۱۴	۵۰	۱۰	۵	۱	۳۵	۷	۱
۲۰	۴	۱۰	۲	۶۵	۱۳	۴۰	۸	۱۵	۳	۴۵	۹	۲
۲۵	۵	۱۰	۲	۶۵	۱۳	۴۵	۹	۱۵	۳	۴۰	۸	۳
۳۰	۶	۵	۱	۷۰	۱۴	۵۰	۱۰	۵	۱	۴۰	۸	۴
۲۵	۵	۱۰	۲	۶۷.۵	۱۳.۵	۴۶.۲۵	۹.۲۵	۱۰	۲	۴۰	۸	Mean
۰.۸۲		۰.۸۲		۰.۵۸		۰.۹۶		۱.۱۶		۰.۸۲		SD
SIG				SIG				SIG*				معنی داری با Paired آزمون TTest

*Significant= $P < 0.05$

جدول ۱- به منظور بررسی میزان رشد یادگیری دانشجویان این گروه، قبل و بعد از برگزاری سمینار کلاسی، از آزمون (Paired TTest) با 95% درصد اطمینان استفاده شد. بر این اساس و به تفکیک در کلیه مراحل با ($P<0.05$) اختلاف معناداری دیده شد. بدین مفهوم که تعداد افرادی که توانستند پس از برگزاری سمینار به تعداد بیشتری از پاسخ‌های درست برای هر سؤال اشاره کنند، افزایش قابل توجهی داشتند. همچنین نتایج حاصل از این آزمون نشان دهنده اختلاف معنادار در جهت کاهش تعداد دانشجویانی است که قادر به پاسخگویی به هیچ یک از موارد درست نبودند. نمودار شماره ۱، نشان دهنده تغییرات فوق در یادگیری دانشجویان می‌باشد.

نمودار ۱: میانگین و انحراف معیار نتایج آزمون، قبل و بعد از برگزاری سمینار کلاسی با رویکرد بهره‌گیری از طبیعت، مأخذ: نگارندگان



پس از اطمینان از تاثیرگذاری روش فوق در رشد یادگیری دانشجویان، به منظور بررسی میزان این رشد در مقایسه با سایر مدل‌های آموزشی درس ایستایی، امتحان پایان ترم از هر سه گروه ۲۰ نفره به عمل آمد.

۴-۴- برگزاری امتحان پایان نیمسال دوم جهت ارزیابی سه مدل آموزش درس ایستایی. جهت ارزیابی چگونگی تاثیرگذاری مدل‌های آموزشی بر وضعیت یادگیری دانشجویان و مقایسه آنها با یکدیگر، در پایان نیمسال دوم امتحان تئوری درس ایستایی برگزار شد. در این امتحان ۱۲ سؤال طرح گردید، به طوری که ۴ سؤال آن محاسباتی و ۸ سؤال باقی مانده

مفهومی بودند. سوالات مفهومی معیار مناسبی جهت سنجش میزان اثرگذاری مدل های آموزشی نوین بودند. از این رو که در تجزیه و تحلیل پاسخ های دانشجویان در سوالات محاسباتی تفاوت بارزی میان دانشجویان سه گروه مشاهده نشد و هر سه گروه به صورت تقریباً یکسان به سوال ها پاسخ دادند. ولی در مورد سوالات مفهومی تفاوت شاخصی میان پاسخ های سه گروه دیده شد که این مسئله نشان دهنده تأثیرگذاری مدل های آموزشی اجرا شده بر وضعیت یادگیری دانشجویان بود.

۵- ارزیابی پاسخ های دانشجویان به سوالات مفهومی امتحان درس ایستایی در سه گروه.

جهت دستیابی به هدف مورد نظر، پاسخ های دانشجویان در مورد سوال های مفهومی در سه گروه، مورد تجزیه و تحلیل و مقایسه با یکدیگر قرار می گیرد. (بارم هر سؤال ۲ نمره) سؤال اول: چنانچه ۳ نیروی P1 , P2 , P3 در ۳ مفصل خرپای مثلثی مقابل اثر کند، مطلوب است تعیین عضوهای کششی، عضوهای فشاری و عضوهای بدون تنش خرپای مقابل. (تحلیل استخوان بال کرکس)

سؤال دوم: در شکل مقابل قاب مربعی شکلی تحت تأثیر سه نیرو قرار گرفته است. برای اینکه قاب در حالت تعادل قرار گیرد، راستا، جهت و مقدار نیروی چهارم را تعیین کنید و بر روی شکل نشان دهید.

سؤال سوم: تقسیم بندی عناصر اصلی در گنبد های ژئودزیک بر چه اساسی و به چه دلیل انجام می گیرد؟ انتقال بار در این گنبد ها به چه صورت انجام می گیرد؟ (تحلیل ساختار اسکلت مرجان های دریایی)

سؤال چهارم: سازه های کش بستی (Tensegrities) متشکل از چه اعضایی هستند؟ استفاده از این سیستم در سازه چه مزایایی دارد؟ (تحلیل ساختار بدن انسان)

سؤال پنجم: کدام ویژگی ساختمان مقابل بر پایداری سازه آن در مقابل بارهای جانبی تأثیر بیشتری دارد؟ (پاسخ به این سؤال از طریق تجزیه و تحلیل ساختار فیزیکی سازه صورت گیرد).

سؤال ششم: در سازه های کابلی، کابل های عمود بر کابل اصلی چه وظیفه ای بر عهده دارند؟(تحلیل ساختار تار عنکبوت)

سؤال هفتم: پوسته هذلولی _ سهموی (Hyper) چگونه ساخته می شود؟ تنش های کششی و فشاری در آن به چه شکل است؟ (تحلیل عملکرد اسفنج دریابی)

سؤال هشتم: به صورت انتخابی یک نوع از سازه های نوین قابل اجرا را معرفی نمایید.

سؤال هشتم: به صورت انتخابی یک نوع از سازه های نوین قابل اجرا را معرفی نمایید.

سؤال هشتم: به صورت انتخابی یک نوع از سازه های نوین قابل اجرا را معرفی نمایید.

سؤال هشتم: به صورت انتخابی یک نوع از سازه های نوین قابل اجرا را معرفی نمایید.

چنانچه رفتار یکی از الگوهای موجود در طبیعت به رفتار سازه انتخابی شما شبیه است آن را بیان کنید؟

بر این اساس نتایج آزمون در قالب جدول شماره ۲ مورد تحلیل قرار گرفت. لازم به ذکر است که اعداد درج شده در جدول نشان دهنده آن است که چه تعدادی از دانشجویان هر گروه از هر سؤال نمره بیشتر از یک گرفتند.

جدول ۲: معنی داری آماری با $P < 0.05$ نتایج آزمون کتبی سه گروه با سه متاد آموزشی، مأخذ: نگارندگان

گروه C: مدل آموزشی و بهره گیری از طبیعت		گروه B: ساخت ماکت از پروژه های اجرایی		گروه A: کلاس های تئوری		متاد آموزشی	سوال		
درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد				
۷۵	۱۵	۲۰	۴	۲۰	۴	۱			
۷۰	۱۴	۲۰	۴	۲۵	۵	۲			
۸۰	۱۶	۳۵	۷	۴۰	۸	۳			
۸۵	۱۷	۴۰	۸	۳۵	۷	۴			
۶۰	۱۲	۴۰	۸	۴۰	۸	۵			
۸۰	۱۶	۵۰	۱۰	۵۰	۱۰	۶			
۷۰	۱۴	۶۵	۱۳	۵۰	۱۰	۷			
۹۰	۱۸	۵۵	۱۱	۴۰	۸	۸			
۷۶.۲۵	۱۵.۲۵	۴۰.۰۶	۸.۱۳	۳۷.۵	۷.۵	Mean			
1.91		3.18		2.14		SD			
SIG*						معنی داری بر اساس آزمون Anova			
-----		NS**				معنی داری بر اساس TTest آزمون			

*Significant

**Not significant

جدول ۲- نتایج حاصل از آنالیز واریانس (ANOVA) مقادیر مورد بررسی، نشان دهنده اختلاف معنادار بین میانگین‌های مورد مطالعه است. بدین مفهوم که میانگین میزان پاسخ‌گویی دانشجویان به سؤالات در روش بهره گیری از طبیعت، بیشتر از دو روش دیگر بوده است. نمودار شماره ۲، بیانگر میزان اختلاف روش‌های مورد آزمایش در رشد یادگیری دانشجویان می‌باشد. هم‌چنین به منظور مقایسه نتایج گروه‌های A و B از آزمون (TTest) با ۹۵٪ اطمینان استفاده شد که نتایج حاصل نشان دهنده آن است که کاربرد روش‌های A و B، اختلاف معناداری در ایجاد رشد یادگیری دانشجویان نداشت؛ بدین معنی که علیرغم افزایش یا کاهش میزان پاسخگویی دانشجویان در دو گروه فوق به هر یک از سؤالات، به لحاظ آماری نتایج یکسانی حاصل شد.

نمودار ۲: میانگین و انحراف معیار نتایج کتبی سه گروه با سه متاد آموزشی، مأخذ: نگارندگان



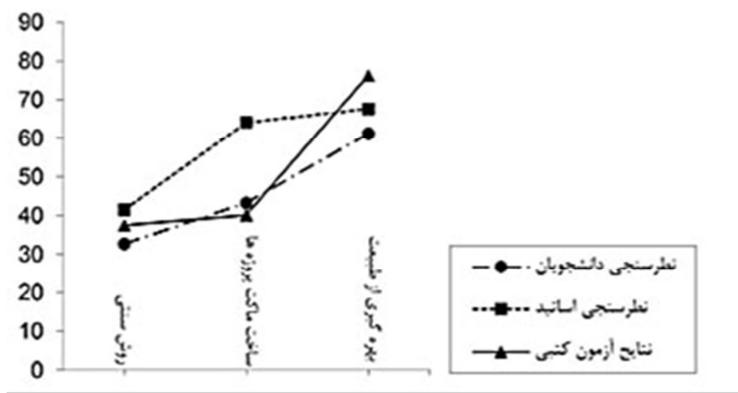
همچنین جهت بررسی نحوه نگرش دانشجویان و استاید دانشکده تمامی استایدی که سابقه تدریس درس ایستایی را داشتند، نسبت به میزان تاثیرگذاری شیوه‌های آموزشی آزموده شده و بررسی انتطبق یا عدم انتطبق این نظریات با نتایج بدست آمده از آزمون کتبی، در پایان جلسه پرسشنامه‌هایی بین دانشجویان هر سه گروه توزیع گردید. پرسشنامه مربوط به استاید نیز به طور مجزا توسط آنان تکمیل شد. نتایج حاصل از این بررسی به شرح زیر است:

جدول ۳: تطبیق نظرات استاد و دانشجویان در رابطه با میزان تأثیرگذاری روش های آموزشی با نتایج حاصل از آزمون کتبی، مأخذ: نگارندگان

گروه C مدل آموزشی و بهره گیری از طبیعت	گروه B: ساخت ماکت از پروژه های اجرایی	گروه A: کلاس های تئوری	متند آموزشی
			گروه نمونه
%۶۱.۱	%۴۳.۲	%۳۲.۷	نظرسنجی دانشجویان
%۶۷.۶	%۶۴.۱	%۴۱.۴	نظرسنجی استاد
%۷۶.۲۵	%۴۰.۰۶	%۳۷.۵	نتایج آزمون کتبی نهایی

جدول ۳- نتایج حاصل از این جدول نشان دهنده توافق نظر دانشجویان و استاد در رابطه با انتخاب مدل آموزشی C، به عنوان بهترین روش است. ضمن اینکه نتایج حاصل از آزمون کتبی دانشجویان نیز این مسئله را تأیید می نماید. دیگر نکته حائز اهمیت در این جدول، تأکید نظر برخی استاد مربوطه بر تأثیرگذاری روش ساخت ماکت از پروژه های اجرایی است، حال آنکه نتایج حاصل از آزمون کتبی تفاوت معناداری را بین میزان رشد یادگیری گروه های A و B نشان نمی دهد. نمودار ۳، میزان تطبیق نظرات استاد و دانشجویان را در رابطه با میزان تأثیرگذاری روشهای آموزشی با نتایج حاصل از آزمون کتبی نشان می دهد.

نمودار ۳: تطبیق نظرات استاد و دانشجویان در رابطه با میزان تأثیرگذاری روش های آموزشی با نتایج حاصل از آزمون کتبی، مأخذ: نگارندگان



تصویر شماره ۷. ساخت ماکت‌ها تنها به تقلید فرم ظاهری انجامیده. در اینجا کابل‌ها به کشش کار نمی‌کنند.

مأخذ: (نگارندگان)



نتیجه گیری

نتایج آماری حاصل به کمک آزمون (Paired TTest) با ($P < 0.05$) به تفکیک بیانگر اختلاف معنادار در جهت افزایش قابل ملاحظه میزان رشد یادگیری دانشجویان تحت آموزش با رویکرد بهره‌گیری از طبیعت بوده است؛ بدین مفهوم که تعداد افرادی که توانستند پس از برگزاری سمینار کلاسی به تعداد بیشتری از پاسخ‌های درست برای هر سؤال اشاره کنند، افزایش قابل توجهی داشته است. همچنین نتایج بدست آمده به کمک آزمون آنالیز واریانس (Anova)، نشان دهنده آن است که میانگین میزان پاسخگویی دانشجویان به سؤالات در روش بهره‌گیری از طبیعت، به طور معناداری بیشتر از دو روش دیگر بوده است. حال آنکه بر اساس یافته‌های حاصل از آزمون (TTest) کاربرد روش‌های تئوری و ساخت ماکت، اختلاف معناداری را در ایجاد رشد یادگیری دانشجویان نشان نمی‌دهد؛ بدین مفهوم که ساخت ماکت‌ها از پروژه‌های اجرایی، تنها به تقلید فرم ظاهری پروژه‌ها انجامیده (تصویر ۷) و کمک زیادی به انتقال و آموزش مفاهیم پایه‌ای سازه ننموده است. این در حالی است که در اغلب دانشکده‌های معماری کشور، ساخت ماکت همواره به عنوان یکی از شیوه‌های آموزشی مورد تأکید، مطرح بوده است. چراکه بر اساس تجربیات موجود،

ساخت مدل‌های آموزشی برای درک فرم، تناسبات، مقیاس و کمپوزیسیون و همچنین ارتقاء سطح تجسم فضایی دانشجویان معماری غیر قابل انکار است. لکن چگونگی بهره‌گیری از این مدل‌ها و ساخت آنها به صورت تقلید فرمال (صوری)، برای درک مفاهیم سازه تاثیر بسزایی نداشت و لذا بر طبق یافته‌های پژوهش حاضر، بهره‌گیری از مدل‌های مفهومی برگرفته از طبیعت به عنوان روشی جایگزین با اثر بخشی بیشتر در آموزش مفاهیم سازه به مهندسان معمار پیشنهاد می‌گردد. مؤید این نظر همچنین عدم انطباق نتایج حاصل از آزمون کتبی و نظرسنجی صورت گرفته در خصوص استفاده از روش ساخت ماقت است؛ بدین معنی که نتایج حاصل از نظرسنجی تأکید نسبتاً بالایی بر تاثیر رشد یادگیری از طریق ساخت ماقت از پروژه‌های اجرا شده (و نه مدل‌های آموزشی) دارد، حال آنکه نتایج آماری حاصل از آزمون کتبی این مسئله را تأیید نمی‌کند که حائز اهمیت است. بر این اساس لازم است انتقال مفاهیم به کمک مدل‌های آموزشی و بهره‌گیری از ساختارهای طبیعی به عنوان موثرترین شیوه در آموزش دروس سازه به معماران مورد توجه جدی قرار گیرد. می‌توان اظهار نمود که استفاده از طبیعت کمک شایان و پریاری در درک مفاهیم سازه توسط دانشجویان نموده و لذا گسترش این موضوع، بهویژه تمرین‌های خلاق، شایسته تأکید و تحقیق بیشتر در محافل علمی کشور می‌باشد. به نظر می‌رسد گام بعدی پس از اثبات روش مؤثر آموزشی در درک مفاهیم سازه، چگونگی ترغیب اساتید و مسئولان در جایگزین نمودن شیوه پیشنهادی با روش‌های معمول است که این خود نیازمند واکاوی در پژوهش‌های دیگر است.

فهرست منابع

- زمانی، پگاه ، (۱۳۷۸)، «مقاله‌ای بر حضور طبیعت در معماری»، مجموعه مقالات دومین کنگره تاریخ معماری و شهرسازی ایران، انتشارات سازمان میراث فرهنگی کشور، ج ۱، تهران
- سیف ، علی اکبر، (۱۳۷۴)، «روانشناسی پرورشی(روانشناسی یادگیری و آموزش)» ، انتشارات دانشگاه آگاه ، تهران
- سالوادوری، ماریو، (۱۳۷۴)، «سازه در معماری»، ترجمه محمود گلابچی، انتشارات دانشگاه تهران
- شعبانی، حسن، (۱۳۸۴)، «مهرات های آموزشی و پژوهشی»، انتشارات سمت، تهران
- گیدیون، زیگفرد، (۱۳۵۰) ، «فضا، زمان، معماری» ، ترجمه منوچهر مزینی، انتشارات بنگاه ترجمه و نشر کتاب ، تهران
- مشايخ فریدنی، سعید، (۱۳۷۷)، «هنر مهندسی _ درس هایی که باید از طبیعت آموخت»، مجله صفحه، ش ۲۷، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
- مصطفودی کامل آباد، مهدی، (۱۳۸۴)، «تجربه و آموزش سازه به دانشجویان معماری»، مجموعه مقالات دومین همایش آموزش معماری، نشر نگاه امروز، تهران
- مگردیچیان ، آرک، (۱۳۷۶)، «آموزش مهندسی»، مجله آبادی، ش ۲۴، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، ص ۶۶
- مهدوی، شهرزاد، (۱۳۷۶)، «سه قرن تحول دانش و آموزش مهندسی»، مجله آبادی، ش ۲۴، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران ، ص ۷۳
- Alcom , Christopher G. (2003),*"Improving Student Knowledge through Experiential Learning"* , A Hands on Statics Lab at Virginia Tech , Project Report ,Virginia.
- Gutmann , Robert , (1956), *"Advanced Learning ; Structure & Architecture"* , Dover Publications,Inc.New York.
- Komendant, A., (1975), *"18 Years with Architect Louis I.Khan. Englewood"*, NJ : Aloray.
- Macdonld, Angus, (1997), *"Structural design for architecture"*, Architectural press.
- Siegel , C., (1975), *"Structure and Form in Modern Architecture"*, Huntington ,NY : Robert E.Krieger.
- Taylor,J .,Andrews,J.,(1982) , *"Architecture a Performing Art "*, New York : Oxford University Press.
- Vasigh ، Shahin (2005), *"A comprehensive Approach to Teaching Structures using Multimedia"* , ALA Report on University Research.