



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Teaching architectural design process using sketchup software with emphasis on enhancing the spatial abilities of architecture students

F. Dabbaghian¹, H.R. Azemati^{*1}, B. Saleh Sedghpour²

¹ Department of Architecture, Faculty of Architecture and urban planning, shahid Rajaee teacher training university, Tehran, Iran

² Department of Educational Sciences, Faculty of Humanities, shahid Rajaee teacher training university, Tehran, Iran

ABSTRACT

Received: 25 July 2025
Reviewed: 22 September 2025
Revised: 20 November 2025
Accepted: 12 January 2026

KEYWORDS:

Spatial ability
Architectural Design
Education
Sketchup

* Corresponding author

azemati@sru.ac.ir

① (+98912) 1995130

Background and Objectives: Architectural design as a thoughtful construction of space requires complex and multi-stage processes that involve spatial visualization, understanding, and mental rotation. Spatial thinking is one of the main factors of human intelligence that helps to understand, recognize and manipulate shapes and images. Education using technologies such as virtual reality, 3D modeling tools, and software can effectively enhance students' spatial thinking. These technologies not only help to provide better spatial concepts and skills, but also affect the ability to analyze, recognize and think to solve problems. SketchUp, as a type of 3D design software, is a powerful tool for creating accurate and realistic models of buildings so that the use of this software in the architectural design education process can help students to strengthen their spatial thinking skills and provide the best design methods. Therefore, this research focuses on the use of SketchUp in architectural design education and its impact on students' spatial abilities.

Methods: The present study adopted a quasi-experimental within-group design conducted in three phases: pre-test, SketchUp training, and post-test. The initial step involved assessing the spatial abilities of the students before SketchUp training using a questionnaire consisting of 10 visual questions. The second step consisted of SketchUp training conducted over 21 sessions, each lasting six hours. Training was delivered through instructional videos and practical offline projects. Following the completion of the training, the spatial abilities of the students were reassessed using a post-test questionnaire containing 2 visual questions.

The study population included 51 female students from 11th-grade architecture classes in a vocational school during the summer 2022 and summer 2023. A sample of seventeen students was selected using purposive sampling. Data collection utilized a researcher-designed visual Likert-scale questionnaire, validated through expert opinions for content validity. The reliability of the questionnaire was confirmed with a Cronbach's alpha coefficient of 0.864. Data analysis was performed using paired samples t-test with SPSS version 26, assessing the impact of SketchUp training on students' spatial abilities. This methodology aimed to evaluate the effectiveness of SketchUp training in enhancing spatial thinking skills among high school students studying architecture.

Findings: The findings showed that teaching through sketch with test ($t=2.286$) and ($p=0.036$) had an effect on students' spatial ability and the difference between the mean scores before and after the test was significant. Also, training had a significant effect on spatial visualization with the test ($t=2.814$) and ($p=0.012$) and it had been strengthened during the projects. Commands to COPY ($t = 2.63$), UNION ($t = 3.20$) and Commands to SLOPE ($t= 3.10$) were the most used and effective. Moreover, due to the lack of significant effect ($P>0.05$), the difference between the mean scores before and after the test was not significant and Sketchup training had no effect on Spatial Perception. In addition, based on the non-significance level of the test ($t=1.499$) and ($P>0.05$), teaching with Sketchup software did not result in a difference between the mean scores before and after the test and did not have significant effect on the students' mental rotation.

Conclusion: Teaching through Sketchup software has led to a significant improvement in students' spatial ability and spatial visualization. These results show that Sketchup can be an effective tool for teaching spatial and architectural skills. But it had no significant effect on

students' spatial Perception and mental rotation. Therefore, to strengthen these skills, the use of other tools and methods and the need for more diverse training programs are recommended.



COPYRIGHTS

© 2026 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



NUMBER OF REFERENCES

64



NUMBER OF FIGURES

3



NUMBER OF TABLES

18

مقاله پژوهشی

آموزش فرایند طراحی معماری به کمک نرم‌افزار اسکچاپ با تأکید بر ارتقای توانایی فضایی دانش‌آموزان معماری

فرنوش دباغیان^۱، حمیدرضا عظمتی^{۱*}، بهرام صالح صدق پور^۲

^۱ گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران

^۲ گروه علوم تربیتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: طراحی معماری به‌عنوان ساخت متفکرانه فضا، نیازمند فرآیندهای پیچیده و چندمرحله‌ای است که شامل تجسم فضایی، درک و چرخش ذهنی می‌شود. تفکر فضایی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی هوش انسانی است که به درک، تشخیص و دست‌کاری اشکال و تصاویر کمک می‌کند. آموزش با استفاده از فناوری‌هایی مانند واقعیت مجازی، ابزارها و نرم‌افزارهای مدل‌سازی سه‌بعدی می‌تواند در تقویت تفکر فضایی دانش‌آموزان مؤثر باشد. این فناوری‌ها نه تنها به ارائه بهتر مفاهیم و مهارت‌های فضایی کمک می‌کند؛ بلکه بر شایستگی شناخت؛ توانایی تحلیل و قابلیت اندیشه‌ورزی حل مسائل مؤثر است. اسکچاپ نیز به‌عنوان یک نرم‌افزار طراحی سه‌بعدی، ابزاری قدرتمند برای ایجاد مدل‌های دقیق و واقع‌گرایانه از ساختمان‌ها است؛ به‌طوری‌که استفاده از این نرم‌افزار در فرایند آموزش طراحی معماری، می‌تواند به دانش‌آموزان کمک کند تا مهارت‌های تفکر فضایی خود را تقویت کنند و بهترین روش‌های طراحی را ارائه نمایند. از این‌رو در پژوهش حاضر استفاده از نرم‌افزار اسکچاپ را در آموزش فرایند طراحی معماری و تأثیر آن بر روی توانایی فضایی دانش‌آموزان مورد بررسی قرار می‌دهد.

روش‌ها: مطالعه حاضر از نوع (آزمایشی درون‌گروهی) است و در سه گام (پیش‌آزمون - آموزش اسکچاپ و پس‌آزمون) اجرا شد. گام اول، اندازه‌گیری توانایی فضایی دانش‌آموزان قبل از آموزش اسکچاپ از طریق پرسش‌نامه‌ای با ۱۰ سؤال تصویری؛ گام دوم، آموزش اسکچاپ طی ۲۱ جلسه شش ساعته با ارسال فیلم‌های آموزشی و اجرای پروژه‌های عملی به صورت غیربرخط و سپس درگام سوم، اندازه‌گیری مجدد توانایی فضایی پس از پایان دوره آموزشی با پرسش‌نامه‌ای با ۲ سؤال تصویری صورت پذیرفت. جامعه آماری ۵۱ نفر از دانش‌آموزان دختر در پایه یازدهم معماری هنرستان در دو سال تحصیلی (تابستان ۱۴۰۱) و (تابستان ۱۴۰۲) است. انتخاب حجم نمونه (۱۷ نفر) به روش نمونه‌گیری تصادفی ساده است. ابزار گردآوری داده، پرسش‌نامه محقق‌ساخته از نوع تصویری در مقیاس لیکرت است و برای سنجش روایی ابزار از نظرات اساتید، صاحب‌نظران استفاده شد. پایایی ابزار پژوهش به کمک ضریب آلفای کرونباخ و برآورد مقدار ۰/۸۶۴ به تأیید رسید. تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز به کمک آزمون t (همبسته) با نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۶) به‌دست آمد.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان می‌دهد، فرض اول: آموزش از طریق اسکچاپ با آزمون $t(2/286)$ و $(p=0/036)$ بر توانایی فضایی دانش‌آموزان اثرگذار بود و تفاوت بین میانگین نمرات پیش و پس‌آزمون معنادار است. فرض دوم: همچنین آموزش بر تجسم فضایی با آزمون $t(2/814)$ و $(p=0/012)$ تأثیر معناداری داشته و طی انجام پروژه‌ها تقویت یافته است. دستورات تکرار کردن $t(2/63)$ ، اضافه کردن $t(3/20)$ و شیب‌دار کردن $t(3/10)$ بیشترین کاربرد و اثرگذاری را داشته‌اند. فرض سوم: به دلیل عدم تأثیر معناداری با $(P>0/05)$ تفاوت بین میانگین نمرات پیش و پس‌آزمون معنادار

تاریخ دریافت: ۰۳ مرداد ۱۴۰۴
تاریخ داوری: ۳۱ شهریور ۱۴۰۴
تاریخ اصلاح: ۲۹ آبان ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۲۲ دی ۱۴۰۴

واژگان کلیدی:

توانایی فضایی
طراحی معماری
آموزش
اسکچاپ

* نویسنده مسئول

azemati@sru.ac.ir

① ۰۹۱۲-۱۹۹۵۱۳۰

نبوده و آموزش اسکچاپ بر درک فضایی اثر ندارد. فرض چهارم: آموزش با نرم افزار اسکچاپ به استناد سطح غیرمعماداری آزمون ($t = 1/499$) و ($P > 0/05$) تفاوتی بین میانگین نمرات پیش و پس آزمون حاصل نشده و بر چرخش ذهنی دانش آموزان تأثیر چندانی ندارد.

نتیجه گیری: آموزش از طریق نرم افزار اسکچاپ بهبود قابل توجهی در توانایی فضایی و تجسم فضایی دانش آموزان ایجاد کرده است. این نتایج نشان می دهد که اسکچاپ می تواند ابزاری مؤثر برای آموزش مهارت های فضایی و معماری باشد؛ اما تأثیر چندانی بر درک فضایی و چرخش ذهنی دانش آموزان نداشته است. بنابراین برای تقویت این مهارت ها، استفاده از ابزارها و روش های دیگر و نیاز به برنامه های آموزشی متنوع تر است.

مقدمه

کان (Kahn) معماری را به عنوان «ساخت متفکرانه فضا» (Thoughtful making of space) معرفی می کند [۱]. به گفته راو (Rowe) [۲]؛ آکین (Akin) [۳] و کراس (Cross) [۴]، هنگامی که معماران یک ساختمان را طراحی می کنند، درگیر فرآیندی چند مرحله ای و تکرار شونده برای دست کاری و پیکربندی فضایی، تغییر زاویه دیدها، مقیاس ها و نمایش اشکال و فرم های متنوع هستند و در عین حال، فاکتورهای زیبایی شناختی و عملکردی را در نظر می گیرند. گرچه طراحی معماری به مهارت های متعددی نیاز دارد؛ اما داشتن (تفکر فضایی ذهنی) (Mentally Visualizing Spatial) جزء جدایی ناپذیر آن محسوب می شود. «تفکر فضایی» یکی از مؤلفه های هوش انسان است که توانایی تشخیص، شکل دهی و دست کاری تصاویر، اشکال و اشیا را فراهم می کند [۵]. به طور کلی، این توانایی به پردازش ذهنی و مدیریت اطلاعات مکانی، از جمله اشکال، موقعیت ها، روابط بین اشیا و جهت حرکت مربوط می شود [۶] و به عنوان قابلیت تولید، حفظ، بازیابی و تبدیل تصاویر بصری با ساختاری منسجم تعریف شده است [۷]. با این حال، در مورد تعریف دقیق توانایی فضایی و مؤلفه های تشکیل دهنده آن اجماع نظری وجود ندارد [۸]. براساس تعریف شورای تحقیقات ملی آمریکا (NRD)، تفکر فضایی فرایندی است که در آن شکل، اندازه، مکان، جهت یا مسیر اشیا، فرایندها یا پدیده ها و همچنین، موقعیت نسبی آن ها معنا می یابد. این توانایی از ویژگی های فضا به عنوان ابزاری برای ساختار بندی مسائل، یافتن پاسخ و بیان راه حل ها استفاده می کند [۹].

مک گی (McGee) توانایی فضایی را به عنوان قابلیت (دست کاری ذهنی، چرخش، پیچاندن یا معکوس کردن محرک های بصری) تعریف می کند [۱۰]. لین و پترسن (Linn, M. C. and Petersen) این مفهوم را به صورت مهارت (در بازنمایی، تبدیل، تولید و یادآوری اطلاعات نمادین و غیرزبانی) تعبیر کرده اند [۱۱]. ساتون و ویلیامز (Williams, A. and Sutton) نیز این مفهوم را از دیدگاه معماری بررسی کرده و توانایی فضایی را به عنوان (مهارت های ذهنی لازم برای فرایندهای همچون چرخش اشیا، درک ظاهر آن ها در موقعیت های مختلف و شناخت روابط فضایی میان اشیا) تعریف کرده اند [۱۲]. اشنايدر و مک گرو (Schneide and McGrew) این توانایی را در قالب (قابلیت های حسی و حرکتی) تعریف کرده و تأکید دارند که ارائه تعریفی دقیق از آن دشوار است [۱۳]. ایلچ و جوکیچ (Ilic and Djukic) نیز خاطر نشان می کنند که در تحقیقات روان شناختی آموزشی، معمولاً میان «توانایی فضایی» و

«مهارت های فضایی» تمایز قائل می شوند؛ به این معنا که (توانایی فضایی یک قابلیت ذاتی) است، در حالی که مهارت های فضایی از طریق (آموزش و تمرین) کسب می شوند [۱۴].

تعاریف فوق نشان می دهند که در مورد مهارت های فرعی یا مؤلفه هایی که این توانایی را شکل می دهند، توافق روشنی وجود ندارد و محققان به یک نوع خاص از هوش اشاره نمی کنند؛ بلکه، آن ها بر وجود انواع مختلفی از هوش های قابل یادگیری تأکید دارند. در این راستا، توانایی های فضایی به عنوان یک مهارت آموخته شده، شامل عوامل فرعی متعددی است. از این رو، بین سال های ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۴، توانایی فضایی با دقت بیشتری بررسی و عوامل تشکیل دهنده آن شناسایی شد [۸].

مک گی (McGee, 1979) [۱۰]، لین و پترسن (Linn and Petersen, 1985) [۱۱]، لوهمان (Lohman, 1988) [۷]، کارول (Carroll, 1933) [۱۵]، همچنین هگارتی و والر (Hegarty, M., and Waller, 2005) [۱۶] و اوتال و همکاران (Uttal, et al, 2013) [۱۷]، مدل های مختلفی از توانایی های فضایی را در طول دهه ها تحقیق در زمینه توانایی های شناختی انسان ارائه داده اند. براساس این تحلیل ها، توانایی فضایی به سه زیرمجموعه اصلی تقسیم می شود. در مقاله فراتحلیلی لین و پترسن [۱۱]، توانایی فضایی به سه بخش عمده شامل ادراک فضایی (Spatial perception)، چرخش ذهنی (Mental Rotation (MR) و تجسم فضایی (Spatial Visualization (SV) تعریف شده است. (ادراک فضایی)؛ به توانایی شناسایی و تعیین روابط فضایی با توجه به جهت گیری ناظر اشاره دارد، حتی در شرایطی که عوامل حواس پرتی وجود داشته باشند. (چرخش ذهنی)؛ نیز به مهارت های خاص ذهنی برای مقایسه و تشخیص مشابهت ها پرداخته و این توانایی را در فرد ایجاد می کند که بتواند پیش بینی کند چگونه اجسام پس از چرخش در فضای دو بعدی یا سه بعدی به نظر خواهند رسید. و در نهایت (تجسم فضایی) به معنای توانایی تصور و دستکاری ذهنی اطلاعات فضایی در فرایندهای چند مرحله ای است؛ به طوری که فرد قادر به تبدیل داده های دو بعدی به سه بعدی و بالعکس باشد [۱۱].

امروزه نقش تفکر (توانایی) فضایی (Spatial thinking) فراتر از حوزه معماری است. وای و همکاران (Wai, et al) [۱۸]؛ اوتال و همکاران (Uttal, et al) [۱۷] بر این اذعان دارند که توانایی های فضایی، نقش مهمی در موفقیت حوزه های مختلف علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات (STEM) ایفا کرده است. تحقیقات روان شناختی بسیاری از پژوهشگران، همچون سوربی (Sorby) [۱۹]؛ استیف (Stieff) و همکاران

گرافیک مهندسی، عملکرد آن‌ها در آزمون‌های استاندارد شده توانایی فضایی بهبود یافته است [۳۵]. این پیشرفت‌ها به‌ویژه زمانی محسوس‌تر است که دوره‌های آموزشی شامل طراحی عملی و کارهای کارگاهی باشند.

همچنین ویلیامز و همکاران برای ارزیابی (توانایی‌های فضایی و طراحی خلاق)، از مجموعه‌ای از آزمون‌های استاندارد استفاده کردند و طیف گسترده‌ای از دانشجویان رشته‌های فنی، مهندسی و معماری را مورد بررسی قرار دادند [۳۶، ۳۷، ۳۸]. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که عملکرد دانشجویان مهندسی بهتر بود؛ در حالی که عملکرد دانشجویان معماری به دلیل نسبت پایین‌تر آن‌ها در مقایسه با سایر دانشجویان، محدود گزارش شد. در مطالعه‌ای دیگر از ساتون و ویلیامز که فقط بر روی دانشجویان معماری و با استفاده از همان روش آزمایشی انجام گرفت، مشاهده شد که دانشجویان معماری، به ویژه پس از ترم اول تحصیلی، عملکرد بهتری از خود نشان دادند [۳۶].

برخی دیگر از محققین [۳۹] مطالعات خود را با یک پژوهش اکتشافی بر روی ۲۱ دانشجوی سال اول معماری ادامه دادند. آن‌ها بر روی کارهایی که نیاز به دانش خاص دارند، مانند ترسیم نقشه‌ها، که معمولاً به صورت فردی و یا در گروه‌های بسیار کوچک انجام می‌شود، تمرکز کردند. با این حال، ناگی-کوندور و سوروس (Nagy-Kondor, Sörös) به دلیل دشواری‌های خاص در اجرای آزمون، تحلیل‌های توصیفی را به جای آزمون‌های پیچیده‌تر انتخاب کردند [۴۰].

امروزه توسعه مهارت‌های تفکر فضایی در معماری نیازمند مطالعه در سه حوزه است: ۱- رابطه بین مهارت‌های فضایی و عملکرد فرایند طراحی ۲- توسعه ابزارهای اندازه‌گیری مهارت فضایی در حوزه معماری، و ۳- استفاده از فناوری واقعیت مجازی در آموزش مهارت‌های فضایی [۳۹]. به‌عنوان مثال، در مطالعه‌ای از فنگ و همکاران (Feng, et al)، تأثیر (مواد درسی و دوره‌های آموزشی) بر توسعه مهارت‌های فضایی مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش استدلال شده است که (مواد، ابزارها و دوره‌های آموزشی) موجود برای کمک به دانشجویان معماری به‌منظور توسعه مهارت‌های (تجسم فضایی) آن‌ها مناسب نبوده و نیاز به رویکردهای جدیدی وجود دارد [۴۱].

از این رو، بسیاری از محققان از جمله در و همکاران (Dere & Kalelioglu) [۴۲]؛ هافلر (Hoffler) [۴۳]؛ لین و چن (Lin & Chen) [۴۴] و لومن (Lohman) [۴۵]؛ ابزارهای مختلفی برای اندازه‌گیری ابعاد مختلف توانایی فضایی، از جمله (تجسم و چرخش ذهنی) شناسایی کرده‌اند. نتایج مطالعه علی، دایانا فرزیها و همکاران (Ali, D.F., et al) نیز نشان می‌دهد، دانشجویانی که با محیط‌های یادگیری مجازی آموزش دیده‌اند، مهارت‌های (چرخش ذهنی) اشیای سه‌بعدی و (تجسم) مقاطع عرضی اشیاء را بهبود بخشیده‌اند [۴۶]. به همین ترتیب، رویکردهای جدید و نوآورانه در استفاده از فناوری، به‌ویژه استفاده از سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای مختلف، پارادایم آموزش و یادگیری را تغییر داده و روش‌های نوین آموزشی را معرفی کرده‌اند [۴۷]؛ به گونه‌ای که

[۲۰] و نیوکمب (Newcombe) و همکاران [۲۱] بر تفکر فضایی در رشته‌های مختلف مهندسی، شیمی و ریاضیات متمرکز بوده است. هر حرفه‌ای که به خلق و تولید یک اثر جدید مرتبط باشد، مانند معماری، مهندسی، طراحی گرافیک، طراحی صنعتی و سایر حوزه‌های مشابه، به طیف گسترده‌ای از توانایی‌های شناختی نیاز دارد. یکی از مهم‌ترین این توانایی‌ها، توانایی فضایی است [۲۲] و [۲۳].

مطالعه‌یالیچ و جوکیچ (Ilic, Djukic) نشان می‌دهد که مهارت‌های فضایی برای حرفه‌های فنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و توجه به این مهارت‌ها در فرایند پذیرش دانشجویان، به ویژه در رشته معماری، ضروری است [۲۴]. همچنین، مطالعات متعدد حاکی از آن است که توانایی فضایی دانشجویان معماری مستقیماً در تمامی مراحل طراحی نقش مؤثری ایفا می‌کند [۲۵]. براین اساس، دانشجویان معماری با تقویت توانایی فضایی خود در فعالیت‌های آموزشی به ویژه در سال‌های نخست تحصیل، بهره‌ی فراوان می‌برند.

بیش از یک قرن این باور وجود داشته است که تفکر فضایی به مهارت‌های ذاتی فرد وابسته است و می‌تواند در (میزان علاقه‌مندی) او به حرفه‌هایی همچون علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات تأثیرگذار باشد [۲۸]. با این حال، تحقیقات گسترده نشان داده است که تفکر فضایی نه تنها در انجام کار حرفه‌ای مؤثر است؛ بلکه تأثیر مستقیمی بر (میزان موفقیت) دانشجویان مهندسی سال اول دانشگاه و (بهبود عملکرد) آن‌ها در دروس ارائه شده دارد [۲۶]. افزون بر این، این مهارت موجب ارتقای عملکرد دانشجویان در سایر موضوعات مرتبط با دروس سال اول نیز می‌شود [۲۷، ۲۸]. همچنین، در نخستین مطالعات انجام‌شده توسط کارلینز، شورهوف و کاپلان (Karlins, Schuerhoff, Kaplan) بر روی هفده دانشجوی کارشناسی معماری نیز اشاره شده که (میزان خلاقیت) دانشجویان معماری می‌تواند با (تجسم) به‌عنوان یکی از عوامل توانایی فضایی، ارتباط داشته باشد [۲۹].

امروزه مطالعات نشان می‌دهد مهارت‌های تفکر فضایی را می‌توان از طریق (آموزش) توسعه داد [۳۰]. برای این منظور، روش‌های گوناگونی وجود دارد که بسته به ابزارهای مورد استفاده، متفاوت هستند. این روش‌ها شامل طراحی با قلم و کاغذ، سکوها، چندرسانه‌ای، بازی‌های ویدیویی، واقعیت مجازی، واقعیت افزوده، نرم‌افزارهای تخصصی مدل‌سازی، ساخت ماکت و سایر ابزارها می‌شود [۳۱، ۳۲، ۳۳]. همان‌طور که مولر (Mohler) اشاره می‌کند: «مهم‌ترین جنبه فعالیت‌هایی که با هدف بهبود توانایی فضایی طراحی می‌شوند، این است که محتوای آموزش، متناسب با رشته و درس مورد نظر تعیین شود» [۳۴].

مطالعات لئوپولد و ویلیامز (Leopold, et al; Williams, et al) نشان می‌دهد که بیشتر پژوهش‌های انجام شده، بر روی دانشجویان معماری و مهندسی متمرکز بوده‌اند و این مطالعات عمدتاً دروس مرتبطی مانند طراحی فنی و هندسه‌ی ترسیمی را بررسی کرده‌اند [۳۵، ۳۶]. برای مثال، در یک پژوهش روی دانشجویان سال نخست رشته‌های مهندسی و معماری، مشخص شد که پس از گذراندن دوره‌های مقدماتی دروس

در سال‌های اخیر، مطالعات مرتبط با تقویت توانایی‌های تفکر فضایی عمدتاً بر مباحث ریاضی و هندسه در مقاطع پایه با بهره‌گیری از نرم‌افزار اسکچاپ متمرکز بوده است. در عین حال، در حوزه معماری تحقیقات مشابه و گسترده‌ای انجام نشده است. بررسی پژوهش‌های داخلی نشان می‌دهد که مطالعات مرتبط با این موضوع در سه زمینه اصلی قرار می‌گیرند:

دسته اول این مطالعات، عمدتاً بر تقویت توانایی‌های تفکر فضایی و مؤلفه‌های آن در مقاطع تحصیلی پایه و ابتدایی متمرکز هستند. در این دسته بیشتر به مباحث ریاضی، هندسه و استفاده از نرم‌افزارهایی چون اسکچاپ برای تقویت مهارت‌های فضایی دانش‌آموزان پرداخته شده است [۶۲].

دسته دوم به تأثیر نرم‌افزار اسکچاپ بر فرآیند ترسیم اسکس‌های معماری، به‌ویژه در مقاطع پیشرفته‌تر، اختصاص دارد. مقاله‌ای با عنوان «تأثیرات نرم‌افزار اسکچاپ بر فرآیند ترسیم اسکس‌های معماری» به بررسی این موضوع پرداخته است [۶۳].

و دسته سوم نرم‌افزار اسکچاپ به‌طور خاص برای تقویت توانایی‌های فضایی در طراحی معماری مورد بررسی قرار نگرفته است. در عوض، مطالعات بیشتر بر تأثیر استدلال فضایی در فرآیند طراحی معماری و کاربرد این مهارت‌ها در مراحل مختلف طراحی متمرکز بوده است [۶۴]. ضرورت انجام مطالعات بیشتر ناشی از خلأهای موجود در پژوهش‌های پیشین است. چنان‌که در دسته اول، کمبود تحقیقاتی که تأثیر نرم‌افزارهای سه‌بعدی را بر جنبه‌های مختلف تفکر فضایی، فراتر از ریاضی و هندسه، بررسی کنند، مشهود است؛ دسته دوم با فقدان مطالعاتی درباره ارتباط میان توانایی‌های فضایی تقویت‌شده از طریق اسکچاپ و فرآیندهای خلاقانه طراحی و تصمیم‌گیری در معماری مواجه است. همچنین، چالش‌های یادگیری این نرم‌افزار و راهکارهای بهینه‌سازی آموزش آن مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. و در دسته سوم، نبود پژوهش‌هایی که روش‌های ترکیبی برای تقویت استدلال فضایی و نقش ابزارهای دیجیتالی در طراحی معماری را تحلیل کنند، محسوس است. علاوه بر این، کمبود مطالعاتی درباره ارتباط میان مهارت‌های فضایی، حل مسئله و نوآوری در طراحی معماری، و نیز تأثیر آموزش‌های هدفمند بر توسعه استدلال فضایی در سطوح حرفه‌ای، از دیگر خلأهای پژوهشی، مهم محسوب می‌شود.

این پژوهش از جنبه نوآورانه‌ای برخوردار است؛ زیرا تأثیر آموزش با نرم‌افزار اسکچاپ را بر تقویت توانایی‌های فضایی در درس طراحی معماری به‌صورت جامع بررسی می‌کند. نتایج آن می‌تواند به شناسایی دقیق‌تر نیازهای آموزشی، تحلیل ضعف‌های موجود در فرآیند تدریس و ارائه راهکارهای عملی برای بهبود روش‌های آموزشی کمک کند. با توجه به اینکه اسکچاپ از ابزارهای نوین طراحی معماری محسوب می‌شود، این تحقیق نقش مهمی در بهره‌گیری بهینه از فناوری‌های جدید برای آموزش و ارتقای مهارت‌های فضایی دانشجویان خواهد داشت.

مهارت‌های فضایی دانشجویان در دروس مرتبط با محیط‌های یادگیری مجازی به‌طور مثبت تقویت می‌شود [۴۸].

در مطالعات مختلف، از محتوای مرتبط با دروس ترسیمات فنی، از جمله هندسه ترسیمی، سه نماها، مدل‌سازی سه‌بعدی، برای بهبود توانایی‌های فضایی دانشجویان مهندسی و معماری استفاده شده است. نتایج چندین پژوهش نیز بر تأثیر دروس طراحی بر تقویت توانایی فضایی تأکید دارند [۴۹، ۵۰]. علاوه بر این، یافته‌های برخی مطالعات نشان می‌دهد که مدل‌های سه بعدی و انیمیشن‌ها می‌توانند در توسعه توانایی‌های (ادراک بصری) نقش مؤثری ایفا کنند [۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴]. امروزه، استفاده گسترده از فناوری‌های نوین و جستجو برای محیط‌های یادگیری خلاقانه که با علایق فعلی دانشجویان همسو باشد، منجر به بهره‌گیری از برنامه‌های هندسه پویا، مانند اسکچاپ (Sketchup)، شده است. هدف از به‌کارگیری این برنامه‌ها، تشویق دانشجویان به توسعه مهارت‌های فضایی-هندسی در مراحل مختلف آموزش فرایند طراحی است [۵۵].

اگرچه نتایج مطالعات نشان می‌دهد، پتانسیل آموزشی نرم‌افزار اسکچاپ (Sketchup) در بسیاری موارد می‌تواند به بهبود (مهارت‌های درک بصری و تجسم فضایی) آن دسته از دانشجویانی که از آن استفاده کرده‌اند، در مقایسه با دانشجویانی که از آن بهره نبرده‌اند، کمک کند [۵۵]؛ اما برخی پژوهشگران تفاوت‌های معناداری بین این دو گروه نیافته‌اند [۵۶، ۵۷]. آن‌ها براین باورند که موفقیت دانشجویان ممکن است به میزان آمادگی و توانایی معلمان در به‌کارگیری این نرم‌افزار در کلاس درس وابسته باشد [۵۸].

آموزش هدفمند از طریق جلسات آموزشی کوتاه نیز نقش مؤثری در بهبود توانایی‌های فضایی دانشجویان معماری ایفا می‌کند. یعنی مدت زمان برگزاری این جلسات آموزشی باید یک تا سه هفته باشد تا ارزیابی دقیقی از مؤلفه‌های توانایی فضایی امکان‌پذیر شود. اجرای چنین برنامه‌هایی، درک مطلوب دانشجویان از محتوای دروس مرتبط، همچون (رسم فنی و سه نما، دروس فنی و طراحی معماری) را تضمین می‌کند. توانایی‌های فضایی در رشته معماری به ویژه در هنگام طراحی یا تفسیر نقشه‌های فنی ساختمان ضروری هستند. ساتون و ویلیامز (Sutton, Williams) [۵۹] بیان می‌کنند که معماری، علاوه بر (طراحی)، در (خلق فضا) نیز وابستگی عمیقی به توانایی‌های فضایی دارد. آن‌ها همچنین تأکید دارند که این توانایی، نقش کلیدی در (آموزش و تجارب یادگیری) دانشجویان معماری ایفا می‌کند. مطالعات مجیدی و همکاران [۶۰] نشان می‌دهد که توسعه و توانمندسازی تفکر و ادراک بصری، که زیرمجموعه‌ای از توانایی ادراک فضایی است، به مثابه یکی از فرایندهای ذهنی رایج در آموزش دروس معماری، مستلزم واکاوی لایه‌های پنهان موضوع طرح معماری و کثرت نظر به جهان جزئیات است. بنابراین، بیان گرافیکی به‌عنوان پلی میان عرصه بسیط و پراکنده اطلاعات بیرونی و دنیای بصری درونی ذهن، نقش مؤثری در پردازش، پالایش، نظم‌دهی و ذخیره‌سازی پویا و فعال اطلاعات را با هدف تجربه یادگیری بهتر فراگیران ایفا می‌کند [۶۱].

دانش‌آموزان (۵۱ نفر) قرار گرفت و نهایتاً با استفاده از فرمول (۱) حجم نمونه‌گیری کوکران، (N=۱۷) پرسش‌نامه انتخاب شد. در این فرمول Z در سطح ۹۵٪ اطمینان، برابر ۱/۹۶ است. مقدار خطای d، به‌صورت پیش‌فرض ۰/۰۶ حداکثر نمره وابسته در نظر گرفته شد و مقدار واریانس این ابزار با حداکثر نمره (S²=۷۷۴۴) به‌دست آمد.

(۱)

$$N = \frac{Z^2 \cdot S^2}{d^2}$$

سؤالات پرسش‌نامه در ارزیابی مؤلفه‌های (درک، تجسم و چرخش ذهنی) به شکل زیر مطرح شده‌اند: الف- سؤال مربوط به (آزمون توانایی درک فضایی)، شامل ۵ سؤال در (پیش‌آزمون) و ۱ سؤال در (پس‌آزمون) و به شکل تصویری مطرح شد. دانش‌آموزان باید در ساخت هریک از پروژه‌های داده شده بتوانند، (احجام شکل‌دهنده و پایه را تشخیص داده) و براساس آن مدل‌سازی نمایند (جدول ۱). هدف از پیش‌آزمون، ارزیابی سطح اولیه (درک فضایی و توانایی تشخیص چهارگویه (مکعب، مکعب مستطیل، استوانه و سایر) در ساخت و مدل‌سازی (احجام ساده‌ی ساختمانی) پیش از شروع آموزش است. در پس‌آزمون نیز ارزیابی میزان پیشرفت در توانایی به (کارگیری) احجام درست پایه در ساخت (احجام پیچیده‌ی ساختمانی) پس از اتمام آموزش انجام می‌شود (جدول ۲).

ب- سؤال‌های مربوط به (آزمون توانایی تجسم فضایی) به‌منظور (ترکیب احجام با روش‌های مختلف در نرم‌افزار اسکچاپ)، طراحی شده‌اند. این سؤال‌ها شامل ۵ سؤال در (پیش‌آزمون) و ۱ سؤال در (پس‌آزمون) و به شکل تصویری در هشت گویه (روش‌های مختلف ترکیب احجام و یا شیوه‌های ساخت) مطرح شده و میزان کاربرد این گویه‌ها در ساخت احجام مورد ارزیابی قرار گرفته است.

گویه‌ها شامل دستورات زیر هستند: پروخالی کردن (pull/push)، کم‌کردن/سوراخ کردن (subtract)، اضافه‌کردن (union)، شیب‌دار کردن (slope)، گرد کردن (arc/circle/fillet)، لایه‌لایه کردن (layer)، تکرار کردن (copy) و تقاطع‌دادن (intersect). این دستورات در طیف ۵ امتیازی لیکرت، مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۳).

ج- در سؤال مربوط به (آزمون توانایی چرخش ذهنی)، میزان کاربرد دستور نرم‌افزاری دوران‌دادن (Rotate/Fallow me) در ۵ سؤال (پیش‌آزمون) و ۱ سؤال (پس‌آزمون) مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۴). برای اطمینان از روایی محتوایی و منطقی بودن سطح دشواری سؤال‌ها، این موارد با تعدادی از اساتید با تجربه (۵ نفر) که در استفاده از نرم‌افزار اسکچاپ در درس طراحی تجربه داشتند، بررسی و تأیید شد. پایایی آزمون نیز با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ محاسبه و مقدار ۰/۸۶۴ به‌دست آمد که تأییدکننده پایایی آزمون است. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون t (همبسته) (paired samples test) و نرم‌افزار spss (نسخه‌ی ۲۶) انجام شد.

از این رو، این پژوهش دو محور اساسی را بررسی می‌کند: نخست، تأثیر تفاوت‌های فردی و تجارب فضایی بر رشد توانایی‌های تفکر فضایی (Spatial Thinking Abilities) و دوم، نقش تکنیک‌های ارائه طرح معماری با استفاده از نرم‌افزار اسکچاپ در آموزش طراحی معماری و تقویت مهارت‌های عملی به دانش‌آموزان. با استناد به مطالعات پیشین و مزایای آموزش توانایی‌های فضایی، این تحقیق بر این فرض استوار است که تجربه عملی در مطالعات معماری، همراه با بهره‌گیری از اسکچاپ، می‌تواند به تقویت توانایی‌های فضایی دانش‌آموزان منجر شود. **اهداف اصلی این پژوهش شامل:** بررسی تأثیر تجربیات اکتسابی و توانایی‌های فردی بر توسعه توانایی‌های فضایی از جمله (ادراک، تجسم و چرخش ذهنی) در درس طراحی معماری. علاوه بر این، تمرینات پیش‌بینی‌شده در این دوره آموزشی بر (ادراک و کاربرد) تفکر فضایی دانش‌آموزان تأثیر خواهد داشت. بر این اساس، چهار فرضیه مطرح شده است: ۱- آموزش با استفاده از نرم‌افزار اسکچاپ بر توانایی فضایی دانش‌آموزان تأثیرگذار است. ۲- آموزش با اسکچاپ به بهبود تجسم فضایی دانش‌آموزان منجر می‌شود. ۳- استفاده از اسکچاپ در آموزش، درک فضایی دانش‌آموزان را تقویت می‌کند. ۴- آموزش با این نرم‌افزار، چرخش ذهنی دانش‌آموزان را بهبود می‌بخشد.

روش تحقیق

مطالعه حاضر به بررسی (توانایی فضایی) دانش‌آموزان در سه مؤلفه (درک، تجسم فضایی و چرخش ذهنی) می‌پردازد. این پژوهش از نوع هدف بنیادی و به صورت آزمایشی درون‌گروهی با استفاده از طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون اجرا شده است. آموزش به‌صورت راه دور و غیربرخط (از طریق ضبط فیلم‌های آموزشی) ارائه شده است.

گردآوری داده‌ها مطابق با اساسنامه آموزشی، در دو مرحله قبل و بعد از آموزش و در حین اجرای پروژه‌های عملی انجام شده است. افراد گروه آزمایش، محتوای آموزشی را در ۲۱ جلسه شش ساعته دریافت کرده‌اند. در ابتدای هر جلسه، مدرس فیلم‌های آموزشی مرتبط با محتوای درسی را از طریق تلگرام ارسال کرده و سپس پروژه‌های عملی متناسب با آن آموزش را در اختیار دانش‌آموزان قرار داده است. جامعه آماری، شامل کلیه دانش‌آموزان دختر پایه ۱۱ معماری، از هنرستانی در منطقه ۱۴ تهران (۵۱ نفر) و در دو سال تحصیلی (تابستان ۱۴۰۱) و (تابستان ۱۴۰۲)، تحت آموزش قرار گرفته‌اند. حجم نمونه (۱۷ نفر) به روش نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب شده است. ابزار اندازه‌گیری، (پرسش‌نامه محقق ساخته) با ۱۲ سؤال تصویری و چند بخشی ۳ و ۵ طیفی از مقیاس لیکرت تنظیم شده تا (توانایی فضایی) دانش‌آموزان در رابطه با تکالیف عملی سنجیده شود. این سؤالات به‌منظور تعیین مؤلفه‌های (درک، تجسم و چرخش ذهنی) دانش‌آموزان در قبل و بعد از یک دوره آموزشی نرم‌افزار اسکچاپ و به‌کارگیری آن در فرایند درس طراحی معماری تهیه شده است. پرسش‌نامه مذکور در اختیار کلیه

جدول ۱: پرسشنامه تصویری برای آزمون «درک فضایی»

Table1: Questionnaire sample for the "Spatial Perception" test

آزمون «درک فضایی» (Spatial Perception test)					پیش آزمون (Pre-Test)
					
مدل سازی محوطه (Landscaping Modeling)	ترسیم پلان (Plan Drawing)	ساخت نما (Façade construction)	مدل سازی احجام ساختمانی (Building volume modeling)	مدل سازی احجام پایه (Basic volume modeling)	
 پروژه نهایی کارآموزی مهرستان، شهرستان مهاباد، مهرستان مهرستان، شهرستان مهاباد، مهرستان مهرستان، شهرستان مهاباد، مهرستان مهرستان، شهرستان مهاباد، مهرستان مهرستان، شهرستان مهاباد، مهرستان					پس آزمون (Post-Test)
مدل سازی پروژه پایانی (Final project modeling)					

جدول ۲: انتخاب گویه مناسب برای مدل سازی / آزمون «درک فضایی»

Table2: Choosing the right object for modeling/"Spatial Perception" test

بیش از یک گزینه نیز قابل انتخاب است. (More than one option can be selected.)											
سایر (مربع - دایره - مستطیل و ... etc. (square-circle-rectangle and...))	استوانه (cylinder)	مکعب مستطیل (Cube, rectangle)	مکعب (Cube)								
3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1
۱- احجام سه بعدی «تمرینات شماره ۱» با کدام حجم اصلی پایه ساخته شده اند؟ 1. The three-dimensional volumes of "Exercises No. 1" are made with which basic volume? ۲- احجام ساختمانی «تمرینات شماره ۲ و ۳» با کدام حجم اصلی پایه ساخته شده اند؟ 2. The construction volumes of "Exercises No. 2 and 3" were made with which main volume of the foundation? ۳- در ساخت احجام ساختمانی از طریق نما «تمرینات شماره ۴ و ۵ و ۶ و ۷» با کدام حجم اصلی پایه ساخته شده اند؟ 3. In the construction of building facades "Exercises No. 4, 5, 6, and 7" with which main volume of the base were made? ۴- در ترسیم و ساخت پلان از طریق دستورات Dibac «تمرینات شماره ۸ و ۹» با کدام حجم اصلی پایه ساخته شده اند؟ 4. In drawing and modeling the plan through Dibac commands, "Exercises No. 8 and 9" were made with which main volume? ۵- در ترسیم و ساخت محوطه سازی «تمرین شماره ۱۰» با کدام حجم یا شکل اصلی پایه ساخته شده اند؟ 5. In the drawing and modeling of landscaping "Exercise No. 10", with which volume or main shape of the base are made? ۱- در طراحی، ترسیم، ساخت و شیت بندی «پروژه نهایی» با کدام حجم یا شکل اصلی پایه ساخته شده اند؟ 6. In designing, drawing, modeling and sheeting, "the final project with which volume or main shape of the base are made"?											

جدول ۳: پرسشنامه برای آزمون «تجسم فضایی»

Table3: Questionnaire sample for the "Spatial Visualization" test

به هریک از گزینه های زیر بسته به میزان استفاده (کاربرد)، امتیازی بین ۱ تا ۵ دهید.

(Give each of the following items a score between 1 and 5 depending on the amount of use.)

خیلی زیاد (very much)	زیاد (Much)	متوسط (medium)	کم (Low)	خیلی کم (very little)	گویه ها (objects)
					پروخالی کردن (pull/push)
					کم کردن / سوراخ کردن (subtract/Slice)
					اضافه کردن (union)
					شیب دار کردن (slope)

به هریک از گزینه‌های زیر بسته به میزان استفاده (کاربرد)، امتیازی بین ۱ تا ۵ دهید.
(Give each of the following items a score between 1 and 5 depending on the amount of use.)

خیلی زیاد (very much)	زیاد (Much)	متوسط (medium)	کم (Low)	خیلی کم (very little)	گویه‌ها (objects)
					گرد کردن (arc/circle/fillet)
					لایه لایه کردن (layer)
					تکرار کردن (copy)
					تقاطع دادن (intersect)

- ۱-در ساخت احجام سه بعدی «تمرینات شماره ۱» از کدام شیوه‌های ساخت استفاده کردید؟
1.Which construction methods did you use in modeling the three-dimensional volumes of "Exercise No. 1?"
- ۲-در ساخت احجام ساختمانی «تمرینات شماره ۲ و ۳» از کدام شیوه‌های ساخت استفاده نمودید؟
2.Which construction methods did you use in modeling the building volumes in "Exercises No. 2 and 3?"
- ۳-در ساخت احجام ساختمانی از طریق نما «تمرینات شماره ۴» از کدام شیوه‌های ساخت استفاده کردید؟
3.Which construction methods did you use in modeling building volumes through the "Exercise No. 4" view?
- ۴-در ترسیم و مدل‌سازی پلان از طریق دستورات «Dibac تمرینات شماره ۸ و ۹» از کدام شیوه‌های ساخت استفاده نمودید؟
4.Which construction methods did you use in drawing and modeling the plan through Dibac commands "Exercises No. 8 and 9?"
- ۵-در ترسیم و مدل‌سازی محوطه‌سازی «تمرین شماره ۱۰» از کدام شیوه‌های ساخت استفاده کردید؟
5.Which construction methods did you use in drawing and modeling landscaping "Exercise No. 10?"
- ۱-در طراحی، ترسیم، مدل‌سازی و شیت‌بندی «پروژه نهایی» از کدام شیوه‌های ساخت استفاده کردید؟
6.Which construction methods did you use in the design, drawing, modeling and sheeting of the final project?

جدول ۴: نمونه سؤال پرسش‌نامه برای آزمون «چرخش ذهنی»

Table4: Questionnaire sample for the "Mental rotation" test

به گزینه زیر بسته به میزان استفاده (کاربرد)، امتیازی بین ۱ تا ۵ دهید.

(Give the following option a score between 1 and 5 depending on the amount of use.)

خیلی زیاد (very much)	زیاد (Much)	متوسط (medium)	کم (Low)	خیلی کم (very little)	گویه‌ها (objects)
					دوران دادن (rotate/ fallow me)

آموزشی برگزار می‌شود. این مرحله درآزمون‌های ارزیابی قرار ندارد؛ اما آموزش‌های دریافت شده در این بخش می‌تواند بر نگرش و عملکرد دانش‌آموزان در طی فرایند یادگیری اثرگذار باشد.

- مرحله (توسعه طراحی): این مرحله نیز شامل ۷ جلسه آموزشی با هدف (اجرای یک پروژه عملی از طراحی یک خانه ویلایی) است. دانش‌آموزان با توجه به آموخته‌های قبلی می‌بایست از مرحله ایده‌پردازی، ترکیب‌بندی، مدل‌سازی حجمی، مدل‌سازی محوطه، تا شیت‌بندی و ارائه پوستر نهایی طرح را اجرا نمایند. بررسی و رفع نواقص کار دانش‌آموزان (کرکسیون)ها از طریق فضای مجازی (صوتی، تصویری و متنی) انجام می‌شود. مجدداً در پایان این مرحله (پس‌آزمونی) با دو سؤال تصویری، که یک سؤال آن (درک) و سؤال دیگر آن (تجسم و چرخش ذهنی) را مورد سنجش و ارزیابی قرار داده، برگزار می‌شود. در شکل ۲، الگوی گرافیکی ارتباط بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون‌ها با تکالیف نشان داده شده است.

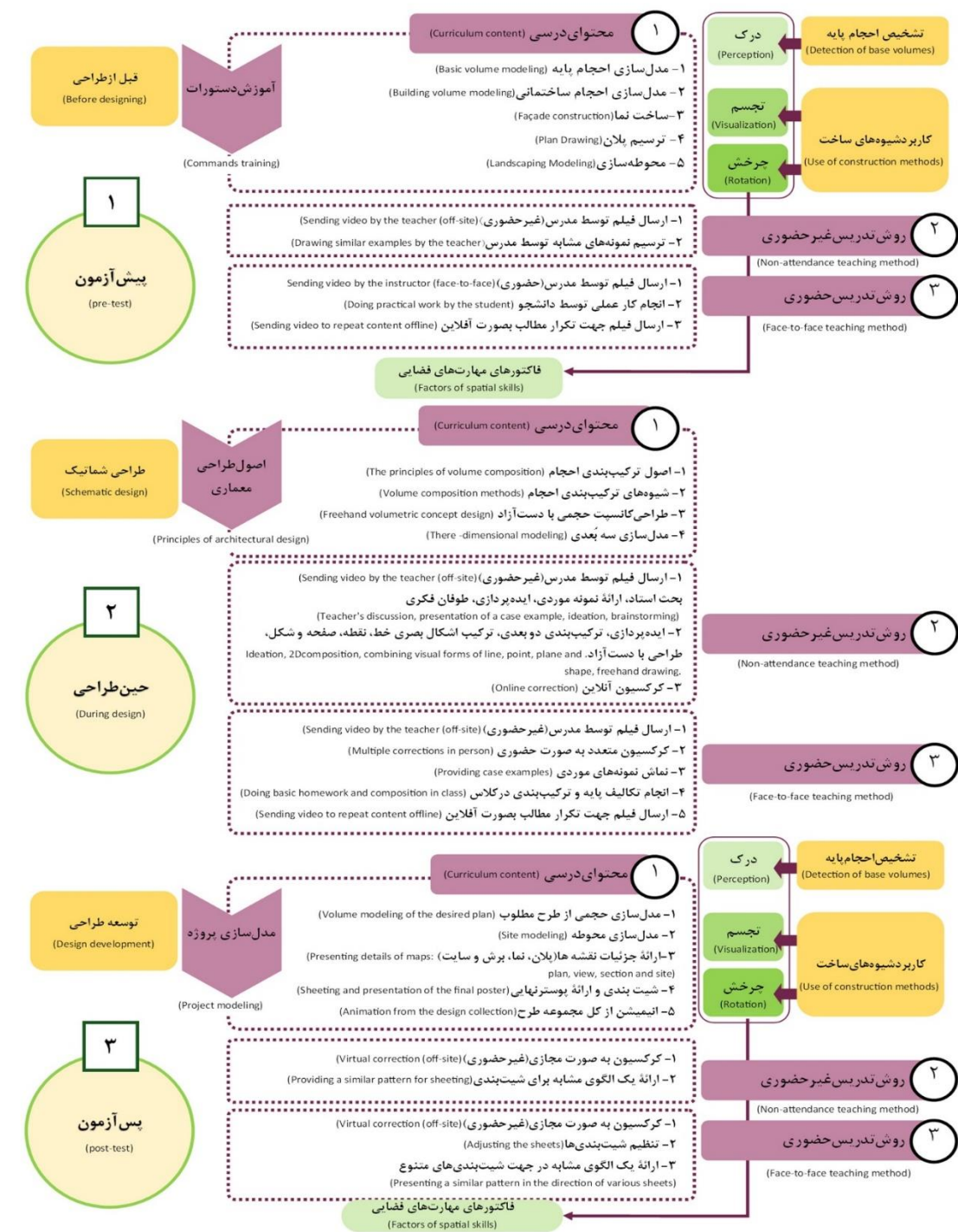
اساسنامه آموزشی: پس از طراحی پرسش‌نامه و تعیین معیارهای ارزیابی توانایی فضایی (جدول ۵)، اساسنامه (برنامه) آموزشی در ۳ مرحله (قبل از طراحی) - (طراحی شماتیک) و (توسعه طراحی) برنامه‌ریزی شده است (شکل ۱)

- مرحله قبل از طراحی: این مرحله شامل ۷ جلسه آموزشی است که با هدف آشنایی ابزارها و دستورات نرم‌افزار اسکچ‌آپ طراحی شده است. آموزش از طریق ارسال فیلم‌های آموزشی توسط مدرس انجام می‌شود و دانش‌آموزان طی برنامه‌ای از پیش تعیین‌شده، پروژه‌های عملی هر جلسه را اجرا می‌نمایند. این پروژه‌ها شامل (مدل‌سازی احجام پایه) - (مدل‌سازی احجام ساختمانی) - (ساخت نما) - (ترسیم پلان) و (محوطه‌سازی) است. در پایان این مرحله و پس از انجام پروژه‌ها، (پیش‌آزمونی) با ۱۰ سؤال تصویری (۵ سؤال درک و ۵ سؤال تجسم و چرخش ذهنی) برگزار می‌شود.

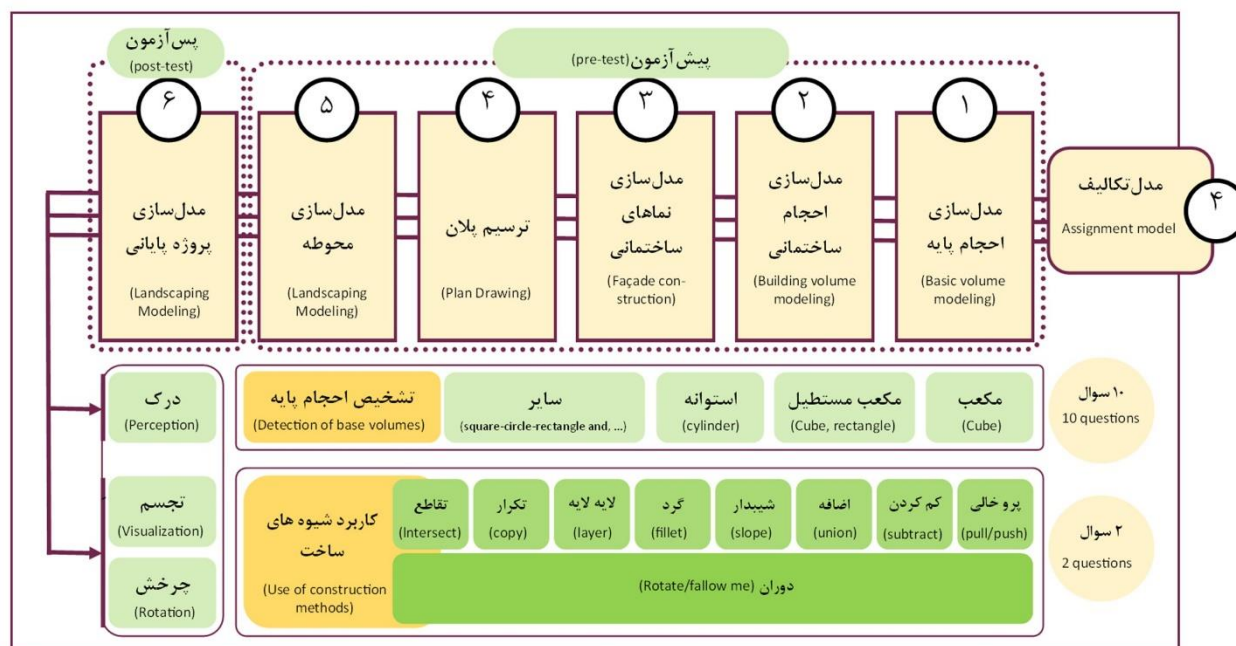
- مرحله طراحی شماتیک: هدف از این مرحله (آموزش اصول و مبانی طراحی معماری) است که از طریق ارسال فیلم‌های آموزشی در ۷ جلسه

جدول ۵: معیارهای ارزیابی توانایی فضایی
Table 5: "Spatial ability" evaluation criteria

درک (Spatial Perception)	تجسم (Spatial Visualization)	چرخش (Mental rotation)
تشخیص احجام پایه (Detection of base volumes)	کاربرد شیوه‌های ساخت (Use of construction methods)	کاربرد شیوه‌های ساخت (Use of construction methods)
۴ گویه (Object)	۸ گویه (Object)	۱ گویه (Object)
	۱۰ سؤال پیش آزمون (pre-test questions)	
	۲ سؤال پس آزمون (post-test questions)	



شکل ۱: اساسنامه آموزشی، محتوای درسی و روش تدریس در سه مرحله از فرایند طراحی.
Fig. 1: Educational protocol, curriculum content, teaching method in three stages of the design process.



شکل ۲: روابط بین پیش آزمون و پس آزمون ها با تکالیف درسی
Fig. 2: Relationships between pre-test and post-tests with homework

نتایج و بحث

اسکچاپ برای آموزش درس طراحی معماری می تواند بر (توانایی فضایی) دانش آموزان تأثیر معناداری داشته باشد. به استناد سطح معنی داری آزمون t برابر با $(0/036)$ و $(p < 0/05)$ ، تفاوت بین میانگین نمرات پیش آزمون و پس آزمون نیز معنادار است. بدین معنی که دانش آموزان توانسته اند طبق اساسنامه درسی و پس از انجام پروژه های تعیین شده، عملکرد بهتری را در افزایش (توانایی فضایی) داشته باشند (جدول ۶).

فرضیه دوم: (تجسم فضایی) دانش آموزان در اثر آموزش از طریق نرم افزار ترسیمی/اسکچاپ افزایش می یابد.

نتایج آزمون t برای سنجش متغیر (تجسم فضایی)، $p = 0/012$ ، $t = 2/814$ نشان می دهد، که استفاده از اسکچاپ برای آموزش درس طراحی معماری می تواند بر (تجسم فضایی) دانش آموزان تأثیر معناداری داشته باشد. به استناد سطح معناداری آزمون t برابر با $(0/012)$ و $(p < 0/05)$ ، تفاوت بین میانگین نمرات پیش آزمون و پس آزمون معنادار است. بدین معنی که تجسم فضایی دانش آموزان طی انجام پروژه های تعیین شده، تقویت یافته است (جدول ۷).

براساس نتایج فوق، استفاده از نرم افزارهای مدل سازی در انجام (ترکیب بندی و ایده پردازی فرمی) طرح های معماری، می تواند نقش مؤثری داشته باشد. کاربرد دستورات نرم افزاری در ایجاد ترکیب احجام سه بُعدی معماری موجب تقویت تجسم فضایی دانش آموزان در جسمیت بخشیدن احجام می شود. نتایج آزمون t بر سنجش متغیرهای مربوط به (تجسم فضایی)، نشان می دهد که دستوراتی مانند (اضافه کردن)، (تکرار کردن) و (شیبدار کردن) بیشترین تأثیر را در افزایش تجسم داشته اند.

قبل از آزمون فرضیه های پژوهش با استفاده از آزمون t همبسته، فرض نرمال بودن توزیع داده ها با استفاده از آزمون کولمگروف-اسمیرنوف بررسی شد. این آزمون برای متغیر اصلی (توانایی فضایی) و متغیر فرعی (تجسم) در هر دو مرحله اندازه گیری (پیش آزمون و پس آزمون) با سطح معنی داری $(0/2)$ و $(p > 0/05)$ مورد تأیید قرار گرفت. دو متغیر (درک) و (چرخش ذهنی) در مرحله اندازه گیری پس آزمون به ترتیب دارای سطح معنی داری $(0/33)$ و $(0/01)$ و $(p < 0/05)$ را نشان دادند. کوچک تر بودن میزان معنی داری این دو مؤلفه (درک و چرخش ذهنی) از عدد α نشان می دهد که آزمون t همبسته نسبت به عدم نرمال بودن توزیع داده ها مقاوم است. بنابراین می توان این دو مؤلفه را در آزمون ها در نظر نگرفت.

محاسبه فرض همگنی واریانس ها نیز با استفاده از آزمون F لوین صورت گرفت و نتایج این آزمون نشان داد که مفروضه همگنی واریانس ها در متغیرهای (توانایی فضایی، درک، تجسم و چرخش ذهنی) به ترتیب، $(0/94)$ ، $(0/932)$ ، $(0/163)$ و $(0/83)$ است، که از سطح معنی داری $(p > 0/05)$ و قابل تأیید است. بدین معنی است که بین پراکندگی عملکرد متغیرهای فوق در دو آزمون (پیش آزمون و پس آزمون) تفاوت های معنی داری وجود ندارد.

فرضیه اول: آموزش فرایند طراحی از طریق نرم افزار ترسیمی/اسکچاپ بر (توانایی فضایی) دانش آموزان اثر دارد.

نتایج آزمون t برای سنجش متغیر (توانایی فضایی)، $p = 0/036$ ، $t = 2/286$ نشان می دهد، استفاده از نرم افزارهای ترسیمی مانند

جدول ۶: نتایج آزمون t برای متغیر (توانایی فضایی)

Table 6: The results of the t test for the "spatial ability" variable.

Table 6: The results of the t-test for the "spatial ability" variable.									
		همبستگی نمونه‌های زوجی Paired Samples Correlations		تعداد نمونه N	ضریب همبستگی Correlation	سطح معناداری Sig.			
Pair 1	VAR00001 & VAR00002			17	.418	.095			
آزمون نمونه‌های زوجی (Paired Samples Test)									
		خطای استاندارد میانگین Std. Error Mean	انحراف معیار Std. Deviation	تفاضل میانگین نمونه Mean	دامنه فاصله اطمینان 95% Confidence Interval of the Difference LowerUpper		آزمون تی t	درجه آزادی df	سطح معناداری Sig. (2-tailed)
Pair 1	VAR000001 - VAR000002	.14645	.60381	.33471	.02425	.64516	2.286	16	.036

جدول ۷: نتایج آزمون t برای متغیر (تجسم فضایی)

Table 7: The results of the t test for the "Spatial visualization" variable.

Table 7: The results of the t-test for the "Spatial visualization" variable.									
		همبستگی نمونه‌های زوجی Paired Samples Correlations		تعداد نمونه N	ضریب همبستگی Correlation	سطح معناداری Sig.			
Pair 1	VAR00001 & VAR00002			17	.688	.002			
آزمون نمونه‌های زوجی (Paired Samples Test)									
		خطای استاندارد میانگین Std. Error Mean	انحراف معیار Std. Deviation	تفاضل میانگین نمونه Mean	دامنه فاصله اطمینان 95% Confidence Interval of the Difference LowerUpper		آزمون تی t	درجه آزادی df	سطح معناداری Sig. (2-tailed)
Pair 1	VAR000001 - VAR000002	.41647	.61012	.14798	.10277	.73017	2.814	16	.012

نتایج آزمون t برای سنجش متغیر «شیب‌دار کردن» (slope)،
($t=3/102$, $p=0/007$) (جدول ۱۰) را نشان می‌دهد.

○ نتایج آزمون t برای سنجش متغیر «تکرار کردن» (copy)، ($p=0/018$)،
($t=2/631$) (جدول ۸)؛ همچنین نتایج آزمون t برای سنجش
متغیر «اضافه کردن» (union)، ($t=3/204$, $p=0/006$) (جدول ۹) و

جدول ۸: نتایج آزمون t برای متغیرهای فرعی تجسم فضایی شامل تکرار کردن

Table 8: The results of the t test for the sub-variables of "spatial visualization": (copy)

Table 6: The results of the t-test for the sub-variables of "spatial visualization" - (copy)									
		همبستگی نمونه‌های زوجی		تعداد	ضریب	سطح			
		Paired Samples Correlations		نمونه	همبستگی	معناداری			
				N	Correlation	Sig.			
Pair 1	VAR00001 & VAR00002			17	.635	.006			
آزمون نمونه‌های زوجی (Paired Samples Test)									
		خطای		تفاضل		دامنه فاصله اطمینان			
		استاندارد		میانگین		95% Confidence Interval of the Difference		سطح معناداری	
		میانگین		نمونه				Sig.	
		Std. Error		Mean		Lower Upper		(2-tailed)	
		Mean							
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	.71765	1.12485	.27282	.13930	1.29599	2.631	16	.018

جدول ۹: نتایج آزمون t برای متغیرهای فرعی تجسم فضایی شامل اضافه کردن

Table 9: The results of the t test for the sub-variables of "spatial visualization": (union)

Table 1: The Results of the t-test for the sub-variables of "Spatial Visualization" (t-value)									
		همبستگی نمونه‌های زوجی		تعداد	ضریب	سطح			
		Paired Samples Correlations		نمونه	همبستگی	معناداری			
				N	Correlation	Sig.			
Pair 1	VAR00001 & VAR00002			17	.427	.087			
آزمون نمونه‌های زوجی (Paired Samples Test)									
		خطای	انحراف	تفاضل	دامنه فاصله اطمینان		آزمون تی	درجه آزادی	سطح
		استاندارد	معیار	میانگین	95% Confidence Interval of the Difference				
		میانگین	Std. Error	نمونه	Lower	Upper			
		Std. Error Mean	Deviation	Mean				df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	.80000	1.02956	.24971	.27065	1.32935	3.204	16	.006

جدول ۱۰: نتایج آزمون t برای متغیرهای فرعی تجسم فضایی شامل شبیدار کردن
Table 10: The results of the t test for the sub-variables of "spatial visualization": (slope)

		همبستگی نمونه‌های زوجی Paired Samples Correlations		تعداد نمونه N	ضریب همبستگی Correlation	سطح معناداری Sig.			
Pair 1	VAR00001 & VAR00002			17	.382	.130			
آزمون نمونه‌های زوجی (Paired Samples Test)									
خطای استاندارد میانگین Std. Error Mean	انحراف معیار Std. Deviation	تفاضل میانگین نمونه Mean	دامنه فاصله اطمینان 95% Confidence Interval of the Difference		آزمون تی t	درجه آزادی df	سطح معناداری Sig. (2-tailed)		
			Lower	Upper					
Pair 1	VAR000001 - VAR000002	.88235	1.17273	.28443	.27939	1.48531	3.102	16	.007

شرح ذیل است:

○ نتایج آزمون t برای سنجش متغیر «کم کردن/سوراخ کردن» (subtract)، $(t=0/863, p=0/401)$ (جدول ۱۱)؛ نتایج آزمون t برای سنجش متغیر «تقاطع دادن» (intersect)، $(t=0/432, p=0/671)$ (جدول ۱۲)؛ نتایج آزمون t برای سنجش متغیر «لایه لایه کردن» (layer)، $(t=0/956, p=0/354)$ (جدول ۱۳)؛ نتایج آزمون t برای سنجش متغیر «گرد کردن» (arc/circle/fillet)، $(p=0/562)$ ؛ نتایج آزمون t برای سنجش متغیر «پروخالی کردن» (pull/push)، $(t=0/592)$ (جدول ۱۴)؛ نتایج آزمون t برای سنجش متغیر «پروخالی کردن» (pull/push)، $(t=-0/09, p=0/930)$ (جدول ۱۵) را نشان می‌دهد.

به استناد یافته‌های آماری، سطح معناداری آزمون t همبسته برای سه مؤلفه فوق به ترتیب $(0/018)$ ، $(0/006)$ و $(0/007)$ و $(p<0/05)$ است. بدین معنی فرض صفر رد شده و تفاوت بین میانگین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون معنادار است. به عبارت دیگر در بخش تجسم فضایی، استفاده از ابزارهای ترسیمی تکرار کردن، اضافه کردن و شبیدار کردن جهت ترکیب احجام معماری بیشترین کاربرد و اثرگذاری را در تقویت تجسم فضایی داشته‌اند. از طرف دیگر نتایج آزمون t برای ۵ متغیر (کم کردن)، (تقاطع دادن)، (لایه لایه کردن)، (گرد کردن) و (پروخالی کردن) از تجسم فضایی که در ارتباط با کاربرد دستورات نرم‌افزار اسکچاپ مورد سنجش قرار گرفتند به

جدول ۱۱: نتایج آزمون t برای متغیرهای فرعی تجسم فضایی شامل کم کردن
Table 11: The results of the t test for the sub-variables of "spatial visualization": (subtract)

همبستگی نمونه‌های زوجی Paired Samples Correlations		تعداد نمونه N	ضریب همبستگی Correlation	سطح معناداری Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	17	.682	.003

آزمون نمونه‌های زوجی (Paired Samples Test)								
خطای استاندارد میانگین Std. Error Mean	انحراف معیار Std. Deviation	تفاضل میانگین نمونه Mean	دامنه فاصله اطمینان 95% Confidence Interval of the Difference		آزمون تی t	درجه آزادی df	سطح معناداری Sig. (2-tailed)	
			Lower	Upper				
Pair 1	VAR000001 - VAR000002	.22353	1.06743	.25889	-.32529	.77235	.863	.401

جدول ۱۲: نتایج آزمون t برای متغیرهای فرعی تجسم فضایی شامل تقاطع دادن
Table 12: The results of the t test for the sub-variables of "spatial visualization": (intersect)

همبستگی نمونه‌های زوجی		تعداد	ضریب	سطح
Paired Samples Correlations		نمونه	همبستگی	معناداری
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	17	.598	.011

آزمون نمونه‌های زوجی(Paired Samples Test)									
خطای	انحراف	تفاضل	دامنه فاصله اطمینان		آزمون تی	درجه آزادی	سطح		
			95% Confidence Interval of the Difference						
استاندارد	میانگین	میانگین	Lower	Upper	t	df	معناداری		
Std. Error	Mean	Mean					Sig.		
Mean	Deviation						(2-tailed)		
Pair 1	VAR000001 - VAR000002	.12941	1.23479	.29948	-.50546	.76428	.432	16	.671

جدول ۱۳: نتایج آزمون t برای متغیرهای فرعی تجسم فضایی شامل لایه لایه کردن

Table 13: The results of the t test for the sub-variables of "spatial visualization": (layer)

همبستگی نمونه‌های زوجی Paired Samples Correlations		تعداد نمونه N	ضریب همبستگی Correlation	سطح معناداری Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	17	<u>.326</u>	.201

آزمون نمونه‌های زوجی (Paired Samples Test)									
خطای استاندارد میانگین Std. Error Mean	انحراف معیار Std. Deviation	تفاضل میانگین نمونه Mean	دامنه فاصله اطمینان 95% Confidence Interval of the Difference		آزمون تی t	درجه آزادی df	سطح معناداری Sig. (2-tailed)		
			Lower	Upper					
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	.29412	1.26909	.30780	-.35839	.94662	<u>.956</u>	16	<u>.354</u>

جدول ۱۴: نتایج آزمون t برای متغیرهای فرعی تجسم فضایی شامل گرد کردن

Table 14: The results of the t test for the sub-variables of "spatial visualization": (arc/circle/fillet)

همبستگی نمونه‌های زوجی Paired Samples Correlations		تعداد نمونه N	ضریب همبستگی Correlation	سطح معناداری Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	17	<u>.049</u>	.853

آزمون نمونه‌های زوجی (Paired Samples Test)									
خطای استاندارد میانگین Std. Error Mean	انحراف معیار Std. Deviation	تفاضل میانگین نمونه Mean	دامنه فاصله اطمینان 95% Confidence Interval of the Difference		آزمون تی t	درجه آزادی df	سطح معناداری Sig. (2-tailed)		
			Lower	Upper					
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	.21176	1.47559	.35788	-.54691	.97044	<u>.592</u>	16	<u>.562</u>

جدول ۱۵: نتایج آزمون t برای متغیرهای فرعی تجسم فضایی شامل پر و خالی کردن

Table 15: The results of the t test for the sub-variables of "spatial visualization": (pull/push)

همبستگی نمونه‌های زوجی Paired Samples Correlations		تعداد نمونه N	ضریب همبستگی Correlation	سطح معناداری Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	17	<u>-.025</u>	.923

آزمون نمونه‌های زوجی(Paired Samples Test)									
خطای استاندارد میانگین Std. Error Mean	انحراف معیار Std. Deviation	تفاضل میانگین نمونه Mean	دامنه فاصله اطمینان 95% Confidence Interval of the Difference		آزمون تی t	درجه آزادی df	سطح معناداری Sig. (2-tailed)		
			Lower	Upper					
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	-.02353	1.08370	.26284	-.58072	.53366	<u>-.090</u>	16	<u>.930</u>

بعدی مربع، دایره و ... است، توانسته بیشترین نقش را در مدل سازی احجام ایفا کند. نتایج حاصل از آزمون به شرح ذیل آمده است:

○ نتایج آزمون t برای سنجش متغیر (مکعب)، $(p=0/152, p=0/504- t=)$ ؛ نتایج آزمون t برای سنجش متغیر (مکعب مستطیل) $(p=0/741, p=0/336- t=)$ ؛ نتایج آزمون t برای سنجش متغیر (استوانه) $(p=0/231, p=0/246- t=)$ نشان می دهد (جدول ۱۷).

اما نتایج آزمون t برای سنجش متغیر سایر (مربع، مستطیل، دایره، کمان و ...) $(p=0/002, p=3/796- t=)$ نشان می دهد که استفاده از ترسیمات دو بعدی جهت مدل سازی احجام سه بعدی ساده و پیچیده بیشترین کاربرد را دارد. سطح غیرمعناداری آزمون t برای سه متغیر (مکعب، مکعب مستطیل و استوانه) به ترتیب $(0/152)$ ، $(0/741)$ و $(0/504)$ و $(p>0/05)$ را نشان می دهد. بدین معنی که فرض صفر قابل قبول است و تفاوتی بین میانگین نمرات پیش و پس از آزمون وجود ندارد. بدین ترتیب آموزش در فرایند یادگیری نتوانسته است نقش مؤثری در تقویت و افزایش درک فضایی افراد داشته باشد (جدول ۱۷).

فرضیه چهارم: آموزش از طریق نرم افزار ترسیمی اسکچاپ بر (چرخش ذهنی) دانش آموزان اثر دارد.

نتایج آزمون t همبسته برای سنجش متغیر (چرخش ذهنی) با مؤلفه ی «دوران دادن (Rotate/fallow me)»، $(p=0/153, p=1/499- t=)$ نشان می دهد که چندان تغییری بر چرخش ذهنی دانش آموزان معماری طی آموزش حاصل نشده است. به استناد سطح غیرمعناداری آزمون t همبسته که برابر با $(0/153)$ و $(p>0/05)$ است، تفاوتی بین میانگین نمرات پیش و پس آزمون حاصل نشده است (جدول ۱۸).

نتایج حاصل از آزمون t همبسته از ۵ متغیر فوق نشان می دهد که آموزش نتوانسته است بر این مؤلفه ها اثر بگذارد و تفاوت معناداری بین میانگین نمرات پیش آزمون و پس آزمون ایجاد نکرده است. بنابراین فرض صفر قابل قبول است.

فرضیه سوم: آموزش از طریق نرم افزار ترسیمی اسکچاپ بر (درک فضایی) دانش آموزان اثرگذار است.

با استفاده از آزمون کولمگروف-اسمیرنف در مرحله اندازه گیری پس آزمون، متغیر (درک فضایی) دارای سطح معنی داری $(0/033)$ و $(p<0/05)$ را نشان می دهد. با کوچکتر شدن سطح معناداری، آزمون t نسبت به عدم نرمال بودن توزیع داده ها مقاوم بوده و این عاملی است که بتوان، مؤلفه درک فضایی را در آزمون ها در نظر نگرفت؛ اما به منظور بررسی بیشتر متغیرهای وابسته به درک فضایی، لازم دیده شد که بررسی های بیشتری صورت بگیرد.

○ نتایج آزمون t برای سنجش متغیر (درک فضایی)، $(p=0/101, p=1/741- t=)$ نشان می دهد، استفاده از اسکچاپ برای آموزش درس طراحی معماری نتوانسته است بر (درک فضایی) دانش آموزان تأثیر معناداری داشته باشد (جدول ۱۶). به استناد سطح غیرمعناداری آزمون t و $(p>0/05)$ تفاوت بین میانگین نمرات پیش آزمون و پس آزمون معنادار نیست. بدین معنی که با انجام پروژه های تعیین شده، تغییری در درک فضایی دانش آموزان حاصل نشده است. نتایج به دست آمده از این آزمون نشان می دهد که استفاده از نرم افزار اسکچاپ در کمک به (تشخیص احجام پایه و ساده) همچون مکعب، مکعب مستطیل و استوانه، کمترین تأثیر را برای ساخت و مدل سازی احجام پیچیده تر ساختمانی داشته، اما مؤلفه سایر که شامل اشکال دو

جدول ۱۶: نتایج آزمون t برای متغیر درک فضاییTable 16: The results of the t test for the variables "spatial perception"

سطح معناداری Sig.	ضریب همبستگی Correlation	تعداد نمونه N	همبستگی نمونه های زوجی Paired Samples Correlations
.788	.070	17	VAR00001 & VAR00002

آزمون نمونه های زوجی (Paired Samples Test)

سطح معناداری Sig. (2-tailed)	درجه آزادی df	آزمون تی T	دامنه فاصله اطمینان 95% Confidence Interval of the Difference		تفاضل میانگین نمونه Mean	انحراف معیار Std. Deviation	خطای استاندارد Std. Error Mean
.101	16	1.741	-.03582	.36523	.09459	.39002	.16471

Pair 1 VAR00001 - VAR00002

جدول ۱۷: مقایسه‌ی نتایج آزمون t (درک فضایی) و متغیرهای فرعی (مکعب، مکعب مستطیل، استوانه و سایر)
Table 17: Comparison of t-test results (spatial perception) and sub-variables (cube, rectangular cube, cylinder and others)

سطح معناداری Sig.	ضریب همبستگی Correlation	تعداد نمونه N	همبستگی نمونه‌های زوجی Paired Samples Correlations
.788	<u>.070</u>	17	Pair 1 VAR00001 & VAR00002
.015	<u>.580</u>	17	Pair 1 VAR00001 & VAR00002
.880	<u>-.040</u>		مکعب مستطیل (rectangular cube)
.323	<u>-.265</u>		استوانه (cylinder)
.017	<u>.569</u>		سایر (others)

آزمون نمونه‌های زوجی (Paired Samples Test)

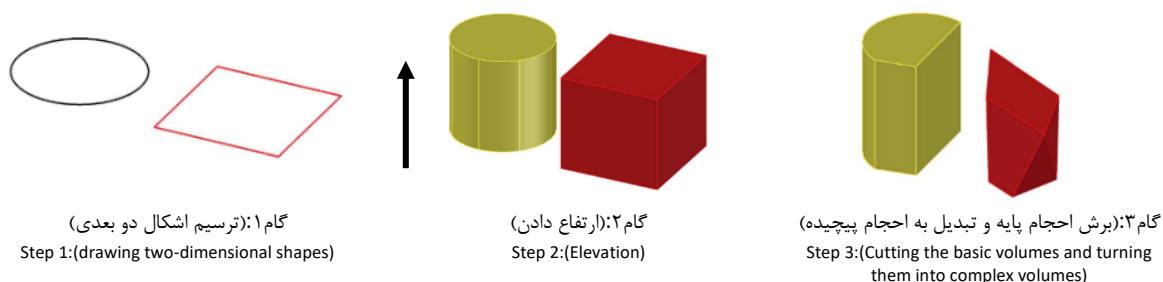
سطح معناداری Sig. (2-tailed)	درجه آزادی df	آزمون تی t	دامنه فاصله اطمینان 95% Confidence Interval of the Difference		تفاضل میانگین نمونه Mean	انحراف معیار Std. Deviation	خطای استاندارد Std. Error Mean
<u>.101</u>	16	<u>1.741</u>	-.03582	.36523	.09459	.39002	.16471
<u>.152</u>	16	<u>-1.504</u>	-.56698	.09639	.15646	.64512	-.23529
<u>.741</u>	16	<u>.336</u>	-.24948	.34360	.13988	.57676	.04706
<u>.231</u>	16	<u>1.246</u>	-.16501	.63560	.18883	.77857	.23529
<u>.002</u>	16	<u>3.796</u>	.24936	.88006	.14876	.61333	.56471

جدول ۱۸: نتایج آزمون t برای متغیر (چرخش ذهنی) - دوران دادن
Table 18: The results of the t test for the variables "Mental rotation"-rotate/fallow me

سطح معناداری Sig.	ضریب همبستگی Correlation	تعداد نمونه N	همبستگی نمونه‌های زوجی Paired Samples Correlations
.290	<u>.273</u>	17	Pair 1 VAR00001 & VAR00002

آزمون نمونه‌های زوجی (Paired Samples Test)

سطح معناداری Sig. (2-tailed)	درجه آزادی df	آزمون تی t	دامنه فاصله اطمینان 95% Confidence Interval of the Difference		تفاضل میانگین نمونه Mean	انحراف معیار Std. Deviation	خطای استاندارد Std. Error Mean
<u>.153</u>	16	<u>1.499</u>	-.19980	1.16451	.32179	1.32676	.48235



شکل ۳: گام‌های مدل‌سازی اجسام پیچیده از نگاه دانش‌آموزان
Fig. 3: The steps of modeling complex volumes from the perspective of students

نتیجه گیری

هدف پژوهش حاضر، بررسی توانایی فضایی دانش‌آموزان رشته معماری پایه یازدهم هنرستان با تأکید بر سه مؤلفه اصلی، شامل «تجسم فضایی، درک فضایی و چرخش ذهنی» است. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که آموزش فرایند طراحی با استفاده از نرم‌افزار اسکچ‌آپ طی ۲۱ روز می‌تواند به تقویت توانایی فضایی دانش‌آموزان معماری کمک کند. با این حال، تأثیر این آموزش بر هر یک از متغیرهای مورد بررسی یکسان نبوده و نتایج متفاوتی را نشان داده است.

○ نتایج تجزیه و تحلیل فرضیات پژوهش نشان می‌دهد که آموزش با استفاده از نرم‌افزار اسکچ‌آپ و به‌کارگیری تکنیک‌های (اضافه کردن، شیب‌دار کردن و تکرار کردن) تأثیر قابل‌توجهی بر افزایش تجسم فضایی دانش‌آموزان داشته است. به عبارت دیگر، این شیوه آموزشی در طراحی معماری (موجب تسریع فرایند ساخت و مدل‌سازی احجام شده و به تغییر احجام پایه و تبدیل آن‌ها به اشکال پیچیده‌تر) کمک کرده است. بدین معنا که دانش‌آموزان در فرایند ساخت و مدل‌سازی احجام پیچیده، ابتدا یکی از احجام پایه مرتبط را انتخاب کرده و سپس با استفاده از سه تکنیک اضافه کردن، تکرار و شیب‌دار کردن، حجم اولیه را گسترش داده و به فرم موردنظر خود دست یافته‌اند.

○ تحلیل کمی داده‌ها نشان داد که دانش‌آموزان به راحتی می‌توانند از تکنیک‌های (پر و خالی کردن، سوراخ کردن، گرد کردن، لایه‌لایه کردن و تقاطع دادن) برای ایجاد احجام ساده‌تر استفاده کنند. با این حال، هنگام تبدیل این احجام به اشکال پیچیده‌تر، با چالش‌هایی مواجه شده‌اند. این امر ممکن است ناشی از دو عامل باشد: نخست، عدم هماهنگی میان روش تدریس مبتنی بر نرم‌افزار و دانش و مهارت‌های پیشین دانش‌آموزان، که سبب شده انتقال مفاهیم جدید دشوارتر شود. دوم، تفاوت سطح دشواری میان تمرینات پیش‌آزمون و پس‌آزمون، که احتمالاً منجر به عدم توازن در فرایند یادگیری شده است.

○ همچنین، یافته‌ها نشان می‌دهد که مؤلفه‌های (درک فضایی) شامل مکعب، مکعب مستطیل و استوانه، تأثیر معناداری بر بهبود توانایی فضایی دانش‌آموزان نداشته‌اند. تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که دانش‌آموزان در تشخیص احجام پایه که مبنای شکل‌گیری احجام پیچیده‌تر هستند، با چالش مواجه بوده‌اند. آن‌ها ابتدا قاعده حجم را به صورت اشکال دوبعدی ترسیم می‌کنند (گام ۱)، سپس به آن ارتفاع می‌دهند (گام ۲) و در نهایت، حجم پیچیده موردنظر را می‌سازند (گام ۳). این در حالی است که انتظار می‌رفت پس از آموزش، دانش‌آموزان قادر باشند احجام پایه را از ابتدا شناسایی کرده و مدل‌سازی را مستقیماً از (گام ۲) آغاز کنند. بدین ترتیب، حذف مرحله اضافی (گام ۱) می‌توانست منجر به افزایش سرعت فرایند مدل‌سازی و بهبود توانایی فضایی آن‌ها شود.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که آموزش با نرم‌افزار اسکچ‌آپ می‌تواند موجب بهبود تجسم فضایی دانش‌آموزان شود؛ با این حال، برای تقویت (درک فضایی و چرخش ذهنی)، استفاده از روش‌های آموزشی تکمیلی و ارائه تمرینات بیشتر ضروری به نظر می‌رسد. امید است که نتایج این پژوهش بتواند به تغییر نگرش مدرسان دروس طراحی معماری و بهبود راهبردهای آموزشی فرایند طراحی کمک کند. علاوه بر این، پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آینده، روش‌های آموزشی جامع‌تر و تأثیرات طولانی‌مدت آن‌ها بر توانایی‌های فضایی دانش‌آموزان مورد بررسی قرار گیرد.

مشارکت نویسندگان

این پژوهش، گزارش یک تجربه زیسته از کلاس درسی فنونش دباغیان است. این کلاس با آموزش نرم‌افزار اسکچ‌آپ در درس طراحی معماری همراه بوده و در دو دوره تابستان ۱۴۰۱ و تابستان ۱۴۰۲ برگزار شد. نویسنده اول مراحل انجام پژوهش، جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها و تدوین مقاله را بر عهده داشت. نویسنده دوم راهنمایی، بررسی و توصیه‌های آموزشی و نویسنده سوم، بازبینی‌های مکرر، توصیه‌ها و نکات بسیار دقیق در روش تحقیق، تحلیل داده‌ها و مباحث آماری پژوهش را بر عهده داشتند.

تشکر و قدردانی

از کلیه اساتید و صاحب‌نظرانی که در انجام مصاحبه‌ها همراهی کردند و همچنین دانش‌آموزانی که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند تقدیر و تشکر می‌نمایم.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع و مأخذ

- [1] Kahn L. Architecture is the thoughtful making of spaces. *Perspecta*. 1957:2–3.
- [2] Rowe PG. Design thinking. Cambridge, MA: MIT Press; 1987.
- [3] Akin Ö. Variants in design cognition. In: Eastman C, McCracken M, Newstetter W, editors. *Design knowing and learning: cognition in design education*. Oxford: Elsevier; 2001. p. 105–124.
<https://doi.org/10.1016/B978-008043868-9/50006-1>
- [4] Cross N. Design thinking: understanding how designers think and work. Oxford: Berg; 2011.
- [5] Martín-Gutiérrez J, Gil FA, Contero M, Saorín JL. Dynamic three-dimensional illustrator for teaching descriptive geometry and training visualisation skills. *Comput Appl Eng Educ*. 2013;21(1):8–25. <https://doi.org/10.1002/cae.20447>

- [18] Wai J, Lubinski D, Benbow CP. Spatial ability for STEM domains: aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *J Educ Psychol*. 2009; 101: 817–835. <https://doi.org/10.1037/a0016127>
- [19] Sorby SA. Developing 3D spatial skills for engineering students. *Australas J Eng Educ*. 2007;13(1):1–11. <https://doi.org/10.1080/22054952.2007.11463998>
- [20] Stieff M, Ryu M, Dixon B, Hegarty M. The role of spatial ability and strategy preference for spatial problem solving in organic chemistry. *J Chem Educ*. 2012;89(7):854–859. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed200071d> <https://doi.org/10.1021/ed200071d>
- [21] Newcombe NS, Booth JL, Gunderson EA. Spatial skills, reasoning, and mathematics. In: Dunlosky J, Rawson KA, editors. *The Cambridge handbook of cognition and education*. 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2019. p. 100–123. <https://doi.org/10.1017/9781108235631.006>
- [22] Stieff M, Uttal D. How much can spatial training improve STEM achievement? *Educ Psychol Rev*. 2015;27(4):607–615. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9304-8>
- [23] Halpern DF, Collaer ML. Sex differences in visuospatial abilities: more than meets the eye. In: Shah P, Miyake A, editors. *The Cambridge handbook of visuospatial thinking*. Cambridge: Cambridge University Press; 2005. p. 170–212. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511610448.006>
- [24] Ilic M, Djukic A. Typology of spatial ability tests and its implementation in architectural study entrance exams. *Facta Univ Ser Archit Civ Eng*. 2017;15(1):1–14. <https://doi.org/10.2298/FUACE161113001I>
- [25] Elgazzar EM, Helmy SA, Ibrahim RM. Assessing the capability of spatial ability in predicting success in the beginning design studio. *J Eng Appl Sci*. 2019;66(1):1–23.
- [26] Sorby SA, Baartmans BJ. The development and assessment of a course for enhancing the 3-D spatial visualization skills of first-year engineering students. *J Eng Educ*. 2000;89(3):301–307. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2000.tb00529.x>
- [27] Sorby S, Nevin E, Behan A, Mageean E, Sheridan S. Spatial skills as predictors of success in first-year engineering. In: *Proceedings of the Frontiers in Education Conference*; 2015; New York, NY. New York: IEEE; 2015. <https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044005>
- [28] Charles S, Jaillet A, Peyret N, Jeannin L, Rivière A. Exploring the relationship between spatial ability, individual characteristics, and academic performance of first-year students in a French engineering school. In: *Proceedings of the SEFI 47th Annual Conference*; 2019 Sep 16–19; Budapest, Hungary. p. 235–248.
- [6] Newcombe NS, Shipley TF. Thinking about spatial thinking: new typology, new assessments. In: Gero J, editor. *Studying visual and spatial reasoning for design creativity*. Dordrecht: Springer; 2015. p. 179–192. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9297-4_11
- [7] Lohman DF. Spatial ability and g. In: Dennis I, Tapsfield P, editors. *Human abilities: their nature and measurement*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1996. p. 97–116.
- [8] Stumpf H, Eliot J. A structural analysis of visual spatial ability in academically talented students. *Learn Individ Differ*. 1999;11(2):137–151. [https://doi.org/10.1016/S1041-6080\(00\)80002-3](https://doi.org/10.1016/S1041-6080(00)80002-3)
- [9] National Research Council. *Learning to think spatially*. Washington, DC: National Academies Press; 2006. <https://doi.org/10.17226/11019>
- [10] McGee MG. Human spatial abilities: psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychol Bull*. 1979;86(5):889–918. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.5.889>
- [11] Linn MC, Petersen AC. Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta-analysis. *Child Dev*. 1985;56(6):1479–1498. <https://doi.org/10.2307/1130467>
- [12] Williams A, Sutton K. Spatial ability and its influence on the design process. *Des Princ Pract*. 2011;5(6):141–152.
- [13] Schneider WJ, McGrew KS. The Cattell-Horn-Carroll model of intelligence. In: Flanagan DP, Harrison PL, editors. *Contemporary intellectual assessment: theories, tests, and issues*. 3rd ed. New York: Guilford Press; 2012. p. 99–144.
- [14] Ilic M, Djukic A. Typology of spatial ability tests and its implementation in architectural study entrance exams. *Facta Univ Ser Archit Civ Eng*. 2017;15(1):1–14. <https://doi.org/10.2298/FUACE161113001I>
- [15] Carroll JB. *Human cognitive abilities: a survey of factor-analytic studies*. Cambridge: Cambridge University Press; 1993. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511571312>
- [16] Hegarty M, Waller D. Individual differences in spatial abilities. In: Shah P, Miyake A, editors. *The Cambridge handbook of visuospatial thinking*. Cambridge: Cambridge University Press; 2005. p. 121–169. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511610448.005>
- [17] Uttal DH, Miller DI, Newcombe NS. Exploring and enhancing spatial thinking: links to achievement in science, technology, engineering, and mathematics? *Curr Dir Psychol Sci*. 2013;22(5):367–373. <https://doi.org/10.1177/0963721413484756>

- [41] Feng X, Morgan C, Ahmed V. Developing visualization skills – a virtual spatial training (VST) system. In: Conference on Construction Applications of Virtual Reality; 2004; Lisbon, Portugal. Lisbon: ADETTI/ISCTE; 2004.
- [42] Dere HE, Kalelioglu F. The effects of using web-based 3D design environment on spatial visualization and mental rotation abilities of secondary school students. *Inform Educ.* 2020;19(2):247–268. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.18>
- [43] Höffler TN. Spatial ability: its influence on learning with visualizations—a meta-analytic review. *Educ Psychol Rev.* 2010;22(3):245–269
- [44] Lin CH, Chen CM. Developing spatial visualization and mental rotation with a digital puzzle game at primary school level. *Comput Hum Behav.* 2016; 57:23–30. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.026>
- [45] Lohman DF. Spatial ability and g. In: Dennis I, Tapsfield P, editors. *Human abilities: their nature and measurement*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1996. p. 97–116.
- [46] Ali DF, Nasir ANM, Buntat Y, Minghat AD, Hussin MNK, Mokhtar M, et al. Virtual environment courseware in engineering drawing to enhance students' visualization skills. In: *Engineering Education Symposium (EES)*; 2013; Malaysia.
- [47] Majidi V, Seddighkavidak S, Salehi K, Masoumi P. The impact of student-generated content on learning quality in a flipped classroom model for the history of contemporary architecture course. In: González-Lezcano RA, Orakcı Ş, editors. *Innovation trends and educational technology in higher education*. Charlotte, NC: Information Age Publishing; 2025. p. 233–262. <https://doi.org/10.1108/979-8-88730-831-920251012>
- [48] James KH, Humphrey GK, Vilis T, Corrie B, Baddour R, Goodale MA. Active and passive learning of three-dimensional object structure within an immersive virtual reality environment. *Behav Res Methods Instrum Comput.* 2002;34(3):383–390.
- [49] Olkun S. Making connections: improving spatial abilities with engineering drawing activities. *Int J Math Teach Learn.* 2003. <https://doi.org/10.1501/0003624>
- [50] Alias M, Black TR, Gray DE. Effect of instructions on spatial visualisation ability in civil engineering students. *Int Educ J.* 2002;3(1):1–12.
- [51] Devon R, Engel RS, Foster RJ, Sathianathan D, Turner GF. The effects of solid modeling software on 3-D visualization skills. *Eng Des Graph J.* 1994;58(2):4–11.
- [52] Ardebili M. Using solid modeling and multimedia software to improve spatial visualization skills. In: *Proceedings of the*
- [29] Karlins M, Schuerhoff C, Kaplan M. Some factors related to architectural creativity in graduating architectural students. *J Gen Psychol.* 1969;81(2):203–215. <https://doi.org/10.1080/00221309.1969.9711286>
- [30] Sorby SA. Developing 3-D spatial visualization skills. *Eng Des Graph J.* 1999; 63: 21–32. <https://doi.org/10.18260/edgj.v63i2.126>
- [31] Samsudin K, Rafi A, Hanif AS. Training in mental rotation and spatial visualization and its impact on orthographic drawing performance. *J Educ Technol Soc.* 2011;14(1):179–186
- [32] Šafhalter A, Glodež S, Šorgo A, Vrtič MP. Development of spatial thinking abilities in engineering 3D modeling course aimed at lower secondary students. *Int J Technol des Educ.* 2020; 30:1–21. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09597-8>
- [33] Martín-Gutiérrez J, González MMA. Ranking and predicting results for different training activities to develop spatial abilities. In: Khine MS, editor. *Visual-spatial ability in STEM education: transforming research into practice*. Berlin: Springer; 2016. p. 225–239. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44385-0_11
- [34] Mohler JL. Computer graphics education: where and how do we develop spatial ability? In: *Eurographics 2006 – Education Papers*; 2006; Vienna, Austria. p. 1–8. <https://doi.org/10.2312/eged.20061011>
- [35] Leopold C, Gorska RA, Sorby SA. International experiences in developing the spatial visualization abilities of engineering students. *J Geom Graph.* 2001;5(1):81–91.
- [36] Williams A, Sutton K, Allen R. Spatial ability: issues associated with engineering and gender. In: *Proceedings of the 19th Annual Conference of the Australasian Association for Engineering Education: To Industry and Beyond*; 2008; Barton, ACT, Australia.
- [37] Blasko DG, Holliday-Darr K, Mace D, Blasko-Drabik H. VIZ: the visualization assessment and training Web site. *Behav Res Methods Instrum Comput.* 2004;36(2):256–260. <https://doi.org/10.3758/BF03195570>
- [38] Sutton K, Heathcote A, Bore M. Measuring 3-D understanding on the Web and in the laboratory. *Behav Res Methods.* 2007;39(4):926–939. <https://doi.org/10.3758/bf03192988>
- [39] Cho JY. Spatial ability, creativity, and studio performance in architectural design. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA)*; 2012 Apr 25–28; Chennai, India
- [40] Nagy-Kondor R, Sörös C. Engineering students' spatial abilities in Budapest and Debrecen. *Ann Math Inform.* 2012; 40:187–201.

rotation and spatial orientation. Tech Edu J. 2021; 15(2): 379-394 <https://doi.org/10.22061/tej.2020.6461.2404>

[63] Hashemnejad H, Ekhlesi A, Saleh Sedghpour B, Shokuhi Dehkordi K. Evaluation of SketchUp effects on the process of architectural sketching. Bāgh-e Nazar. 2013;10(25):29–38.

[64] Majidizanjani N, Etesam I, Emraei M. Explaining the role of spatial reasoning in architectural design: a qualitative case study in an architectural atelier. Adv Cogn Sci. 2021;22(4):124–136.

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES



فروش دباغیان دانشجوی دکتری معماری دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی و هنرآموز هنرستان دخترانه در منطقه ۱۴ تهران است. ایشان مدرک کارشناسی معماری را در سال ۱۳۸۴ از دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی و مدرک کارشناسی ارشد معماری منظر را در سال ۱۳۸۹ از دانشگاه شهید بهشتی دریافت نمودند. زمینه‌های فعالیتی ایشان در حوزه آموزش در معماری، معماری منظر و معماری داخلی است.

Dabaghian, F. PhD student of Architecture, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.

✉ farnoshhd@yahoo.com



حمیدرضا عظمی فارغ‌التحصیل دانشگاه علم و صنعت ایران در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری و در حال حاضر استاد دانشکده معماری دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران می‌باشند. خلاقیت، سرزندگی، امنیت، رضایتمندی و بسیاری فاکتورهای مؤثر دیگر در طراحی معماری فضاهای آموزشی در کنار معماری منظر و فناوری از حوزه‌های تخصصی و فعالیتی ایشان محسوب می‌شود.

Azemati, H. Professor, Architecture, Department of Architecture, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.

✉ azemati@sru.ac.ir



بهرام صالح صدق‌پور هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی هستند. ایشان در سال ۱۳۶۹ از دانشگاه شهید بهشتی مدرک کارشناسی کودکان استثنایی و در سال ۱۳۷۲ مدرک کارشناسی ارشد روان‌شناسی تربیتی و در سال ۱۳۸۷ مدرک

ASEE Annual Conference & Exposition; 2006; Chicago, IL. Washington, DC: ASEE; 2006. p. 1–11. <https://doi.org/10.18260/1-2--744>

[53] Šafhalter A, Glodež S, Šorgo A, Vrtič MP. Development of spatial thinking abilities in engineering 3D modeling course aimed at lower secondary students. Int J Technol des Educ. 2020; 30: 1–21. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09597-8>

[54] Majidi V, Seddighkhavidak S, Khanmohammadi M, Salehi K, Azad Armaki M, Majidi M. The effect of visual notes on the rate of learning theoretical courses in the field of architecture. In: ACSA/EAAE Teachers Conference: Educating the Cosmopolitan Architect; 2023; Reykjavík, Iceland. Washington, DC: ACSA; 2023. p. 467–474. <https://doi.org/10.35483/ACSA.Teach.2023.68>

[55] Carmona-Medeiro E, Antequera-Barroso JA, Cardeñoso Domingo JM. Future teachers' perception of the usefulness of SketchUp for understanding the space and geometry domain. Int J STEM Educ. 2021; 8:10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08206>

[56] Erkoç MF, Gecü Z, Erkoç C. The effects of using Google SketchUp on the mental rotation skills of eighth grade students. Educ Sci Theory Pract. 2013;13(2):1285–1294.

[57] Benzer AI, Yildiz B. The effect of computer-aided 3D modeling activities on pre-service teachers' spatial abilities and attitudes towards 3D modeling. J Balt Sci Educ. 2019;18(3):335–348. <http://dx.doi.org/10.3758/BF03192988>

[58] Poonpaiboonpipat W. Pre-service mathematics teachers' perspectives on STEM-based learning activities. J Phys Conf Ser. 2021; 1835: 012045. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1835/1/012081>

[59] Sutton K, Williams A. Spatial ability and its implication for novice architecture students. In: Proceedings of the 45th Annual Conference of the Architectural Science Association (ANZAScA); 2011; Sydney, Australia.

[60] Majidi V, Mehdizadeh Saradj F, Salehi K, Seddighkhavidak S. The simultaneous application of flipped classroom and group discussion to improve the quality of learning the history of world architecture course: an intervention mixed methods design. Bāgh-e Nazar. 2025;21(140):17–32. <http://doi.org/10.22034/BAGH.2024.472786.5646>

[61] Majidi V, Ghafourian M, Salehi K, Sadram V. Explaining the concept of critique sessions in architectural education system. Bāgh-e Nazar. 2024;21(136):59–84. <https://doi.org/10.22034/bagh.2024.433824.5531>

[62] Reyhani E, Ghasemi F, Rahimi Z. Investigation of spatial ability of male and female students in 10th and 11th grade according to factors including spatial visualization, mental

Saleh Sedghpour. B. Associate Professor, Department of Educational Sciences, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.

✉ sedghpour@sru.ac.ir

دکتری روان‌شناسی تربیتی را از دانشگاه علامه طباطبائی دریافت کردند. ایشان از سال ۱۳۸۰ تاکنون هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر رجائی هستند. حیطه کاری ایشان روان‌شناسی تربیتی، سنجش و اندازه‌گیری روانی و تربیتی است.

Citation (Vancouver): Dabbaghian F, Azemati H.R, Saleh Sedghpour B. [Teaching architectural design process using sketchup software with emphasis on enhancing the spatial abilities of architecture students]. *Tech. Edu. J.* 2026; 19(2): 1-20

 <https://doi.org/10.22061/tej.2025.11299.3128>

