یادگیری معنادار و طراحی سازه در معماری

ارزیابی پارامترهای طبقه‌بندی آموزشی بلوم در حوزه آموزش سازه در معماری

چکیده

یکی از اهداف مهم آموزش سازه در رشته‌ی مهندسی معماری، نزدیک شدن به هدف طراحی مهندسی در معماری است. نیل به این هدف، مستلزم انتقال یادگیری علوم سازه از موقعیت آموزش، به موقعیت کاربرد، در اینجا موقعیت طراحی معماری، است. انتقال یادگیری، از محتوای آموزشی سازه در دانشکده‌های معماری تا کاربست آن در طرح‌های معماری، نیازمند طی فرآیندی است که چگونگی آن، پرسش اصلی این پژوهش می‌باشد. این یک پژوهش توصیفی- تحلیلی است که از روش تحقیق استدلال منطقی بهره گرفته است و مبتنی بر نظریه یادگیری معناداردر طبقه بندی اهداف آموزشی بلوم به بسط این نظریه در حوزه‌ی آموزش معماری با موضوع سازه پرداخته است. این نظریه یادگیری معنادار را فرآیندی برای رسیدن از محتوای آموزشی به مرتبه‌ی طراحی‌کردن می‌داند. در این مسیر، دانش گزاره‌ای به فرم‌های دانش مفهومی، رویه‌ای و فراشناختی تبدیل می‌گردد که در طراحی کردن موثرتر است. یادگیری معنادار سازه در طراحی معماری، به توصیف فرآیند شناخت سازه از ارائه‌ی علوم سازه تا کاربست آن در طرح معماری پرداخته است و ابعاد دانش سازه در هر مرتبه از شناخت را مورد تحلیل قرار داده است. در نهایت استدلال دیاگرامی از حوزه‌ی تفکر طراحی، به عنوان مدلی برای توسعه‌ی یادگیری معنادار سازه و بخشی از فرآیند ساخت دانش سازه در مرحله‌ی خلق کردن، در طراحی معماری معرفی گردیده است.

کلیدواژه‌ها: یادگیری معنادار، فهم سازه، استدلال دیاگرامی، طراحی معماری، دانش سازه

مقدمه

هدف از آموزش علوم مهندسی، در رشته‌ی دانشگاهی مهندسی معماری، نزدیک شدن به رویکرد طراحی مهندسی[۱] در این رشته است.[۲]برای رسیدن به این هدف لازم است که علاوه بر آموزش این علوم، به فهم آنها توسط دانشجویان و توانایی کاربست دانش‌های کسب شده در طرح‌های معماری نیز توجه گردد. این مقاله با موضوع کاربست دانش سازه در فرآیند طراحی معماری، به انسجام و انتقال یادگیری محتوای آموزشی سازه به فرآیند طراحی معماری پرداخته است. مسئله‌ی عدم درک سازه به‌عنوان یک عامل جدایی‌ناپذیر از معماری و همین‌طور عدم کاربرد نظریات سازه در فرآیند طراحی معماری[۳]، یک مسئله‌ی دیرپا در حوزه‌ی آموزش معماری است. در این پژوهش با بهره‌گیری از نظریه‌ی طبقه‌بندی اهداف آموزشی بلوم، به تشریح فرآیند یادگیری معنادار سازه و انسجام آن با فرآیند طراحی معماری، پرداخته شده است.

سوالات این پژوهش، یادگیری معنادار سازه در طراحی معماری، دارای چه فرآیند است؟ دانش مؤثر در تفکر طراحی سازه در حوزه معماری به چه فرمی (ها) می‌باشد؟ و برای رسیدن به آن، چه فرآیندی باید طی شود؟ برای پاسخ به این سوالات، از سه حوزه‌ی نظریه‌های آموزشی مرتبط با انسجام در آموزش (مبتنی بر نظریات روانشناسی شناختی)، محتوای آموزشی دانش سازه و تفکر طراحی (از منظر شناخت‌گراها)، به این مسئله نگریسته شده است. این مقاله در ۷ بخش شامل، روش و پیشینه‌ی پژوهش، مرور ادبیات انسجام و تشریح تئوری طبقه‌بندی آموزشی بلوم، بسط نظریه‌ی بلوم به حوزه‌ی آموزش سازه در معماری و مصادیقی از استدلال دیاگرامی در طراحی سازه و نتیجه‌گیری نگارش شده است. در ابتدا، به مرور ادبیات انسجام در آموزش و ساخت دانش از منظر بلوم پرداخته شده و سپس پارامترهای

---

[۱] طراحی مهندسی، به عنوان برنامه ریزی برای کاربرد قانونمندی‌های علمی در جهت تغییر و تحول در جهان اطراف برای پاسخگویی به نیازهای انسان می‌باشد. ندیمی، آموزش علوم مهندسی یا طراحی مهندسی :تأملی در باره آموزش مهندسی در ایران، ص ۱.

[۲] اقتباس از:

ندیمی، آموزش علوم مهندسی یا طراحی مهندسی :تأملی در باره آموزش مهندسی در ایران، ص ۱.

[۳]

Vassigh, A Comprehensive Approach to Teaching Structures Using Multimedia, *p 135.*

Black and Duff, A Model for Teaching Structures: Finite Element Analysis in Architectural Education, p 42.

صداقتی و حجت، محتوای آموز معماری در ایران و میزان موفقیت دوره‌ی کارشناسی در انتقال این محتوا.

آن در حوزه‌ی معماری با رویکرد سازه مورد ارزیابی قرارگرفته است و بر اساس ادبیات تفکر طراحی بخش‌هایی از این نظریه در حوزه‌ی معماری بسط داده شده است.

۱- روش پژوهش

این پژوهش با مطالعات کتابخانه‌ای انجام شده و در طیف روش‌های پژوهش کیفی قرار می‌گیرد. روش شناسی این پژوهش مبتنی بر استدلال منطقی است. هدف روش استدلال منطقی در پژوهش‌های ذهنی و یا نظری ارائه روش مناسب برای ایجاد سامانه‌ای منطقی است که نتیجه‌ی آن معنادار کردن و یا شفاف‌سازی روابط بین عناصر و مفاهیم ذهنی است. با توجه به مفهوم اصلی مقاله که انسجام در آموزش و انتقال یادگیری است، یکی از نظریه‌های معتبر در این حوزه، نظریه طبقه‌بندی آموزشی بلوم است که به یادگیری معنادار می‌پردازد، انتخاب شده است. مفاهیم و طبقات مطرح شده در فرآیند یادگیری معنادار، بسط داده شده و سپس با استدلال منطقی و با کمک نظریات حوزه‌ی سازه و معماری، در زمینه‌ی آموزش معماری و با موضوع سازه، توسعه پیدا کرده است. میرجانی[۴] استدلال را ابزار اصلی معرفت منطقی دانسته است و ویژگی‌ها و معیارهای کیفیت تحقیق را برای روش پژوهش استدلال منطقی تبیین نموده است. استدلال منطقی روشی عقلانی است که مبتنی بر معارف ذهنی (در مقابل عینی) است و نتیجه‌ی آن از طریق رابطه‌ی بین مقولات ذهنی حاصل می‌شود. صحت نتایج آن مبتنی بر آزمون و مشاهده نیست و فقط وابسته به صحت ساختار و فرآیند استدلال است.

۲- پیشینه‌ی پژوهش

یکی از چالش‌های آموزش سازه در رشته‌ی معماری، فهم سازه و کاربست دانش سازه در طرح معماری است. این موضوع، از سال ۱۹۷۶ در دانشگاه برکلی، به عنوان یک نارضایتی آموزشی از عدم انسجام مفاهیم سازه‌ای با روند طراحی معماری بروز پیدا کرد و همچنان پژوهشگران به بررسی ابعاد این مسئله، می‌پردازند. دلایل این نارضایتی، به طور خلاصه، روش‌های آموزش سنتی سازه، تکیه صرف بر تئوری‌های تحلیلی سازه و روش‌های عددی سازه، مطرح کردن مفاهیم سطحی و ضعیف که برای موضوعات و نیازهای تکنیکی معماری رضایت بخش نیستند، می‌باشد[۵].

بلک و داف در دانشگاه برکلی، در سال ۱۹۹۴ اهداف سه‌گانه‌ای را از آموزش سازه برای دانشجویان معماری عنوان کردند. سطح اول، آموزش مفاهیم و دانش سازه متناسب با ویژگی‌های دانشجویان معماری؛ سطح دوم، آموزش کاربردی مفاهیم سازه‌ای و کنترل وجوه و رفتار سازه‌ی ساختمان و یا مشخص کردن ابعاد و سایز اعضای سازه‌ای؛ سطح سوم که هدف مهم‌تری را پوشش می دهد، استفاده از سازه‌ها به عنوان یک نیروی طراحی خلاق از طریق تمامی جنبه‌های طرح است[۶]. پژوهش‌هایی که با رویکرد ارائه‌ی پاسخ به این مسئله انجام شده‌اند، به دو نسل تقسیم‌شده‌اند. نسل اول، تلاش‌های صورت گرفته در خصوص آموزش تئوری‌های تحلیلی سازه به دانشجویان معماری (دربرگیرنده‌ی اهداف اول و دوم)؛ نسل دوم، پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص برقراری رابطه‌ی دوسویه میان دانش سازه و طراحی سازه در حوزه‌ی معماری (هدف سوم) است. در نسل اول می‌توان از پژوهش‌های زیر نام برد. آموزش مفاهیم سازه‌ای با نرم‌افزار چندرسانه‌ای *ISS*(Vassigh, 2005)، آموزش مفاهیم سازه در آتلیه‌های طراحی معماری (۱۳۹۲ مولانایی)، آموزش مفاهیم سازه از طریق دست‌ساخته‌ها (Alcorn, 2003)، تجربیات بلک و داف در دانشگاه برکلی در خصوص آموزش آنالیز المان محدود (FEA) به دانشجویان معماری (Black and Duff, 1994)، ترکیب واحد نظری و طراحی در تدریس واحدهای سازه (Chiuini ,2006) را نام برد.

در پژوهش‌های نسل دوم، فریدنی (۱۳۷۷) به تمایز میان طراحی در دانشکده‌های فنی و معماری اشاره کرد.[۷] تشریح وی از مسائل طراحی سازه در حوزه‌ی معماری این مسائل را در زمره‌ی مسائل با ساختار مبهم[۸] قرار می‌دهد. البته فریدنی به توضیح بیشتری در خصوص تمایز مسائل طراحانه در حوزه‌ی معماری و مهندسی نمی‌پردازد. پژوهشگران داخل مانند محمودی (۱۳۹۰)، عالمی (۱۳۹۶) و تقی زاده (۱۳۹۴) و خارج از کشور افرادی نظیر ادوارد آلن، بلوک و همکاران، لا چاور (۲۰۱۵)، مولر (۲۰۱۴)، ورونستی (۲۰۱۸)، به این موضوع

---

[۴] میرجانی، استدلال منطقی به مثابه روش پژوهش،ص ۴۳-۴۸.

[۵] البته در منابع متعدد، به مسلط نبودن اساتید معماری در آتلیه‌های طراحی و بی توجهی به مسائل سازه‌ای توسط اساتید و مدرسان معماری نیز اشاره شده است.(Edward Allen, Second Studio)

[۶] Black and Duff, A Model for Teaching Structures: Finite Element Analysis in Architectural Education, p39-43.

[۷] مشایخ فریدنی، پروژه تحقیقاتی هنر مهندسی.

[۸] ill defined

پرداخته‌اند. تلاش‌های بلوک و لاچاور در جهت یک رویه‌ی طراحی سازه مبتنی بر ایستایی گرافیکی است. محمودی و عالمی به فهم مفاهیم سازه در غالب تاثیرات فرمی و هندسی سازه‌ها پرداخته‌اند. ورونستی نیز ساخت مدل‌های فیزیکی به‌عنوان روشی برای طراحی سازه توصیف می‌نماید. در تمامی این پژوهش‌ها بخشی از بعد دانش سازه در فضای طراحی معماری مورد مداقه قرار گرفته است؛ بر اساس نظریه‌ی آموزشی مشخصی شکل نگرفته‌اند و درنتیجه چارچوب نظری مشخصی از تفکر طراحی و رابطه‌ی میان دانش و شناخت در طراحی وجود ندارد؛ بنابراین ضرورت دارد که مسئله‌ی طراحی سازه در معماری به عنوان یک مسئله با ساختار مبهم و ادبیات مربوط به آن در نظر گرفته شود و مبتنی بر یک نظریه‌ی آموزشی در حوزه انتقال یادگیری، این مسئله باز شود و با توجه به پارامترهای آن، فرآیند شناخت ابعاد سازه در طراحی مشخص گردد و مدلی از مفهوم تفکر طراحی سازه ترسیم شود. بر اساس این چارچوب نظری می‌توان، محتوا، مدل و برنامه‌ی آموزشی مناسب سازه برای معماران را شناسایی کرد.

۳- انسجام و انتقال یادگیری در آموزش معماری

مفهوم انسجام توسط نظریه‌پردازانی چون کانینگهام و وایتهد[۹] و دیگران در مقابل آنچه تجزیه در آموزش معماری می‌نامند، تعریف‌شده است. [۱۰] انسجام به معنای افزایش انتقال دانش به‌دست‌آمده در واحدهای تدریس شده به موقعیت طراحی است.[۱۱] انسجام در آموزش (معماری) با اصطلاح انتقال یادگیری توصیف می‌شود که به معنای حفظ و در دسترس بودن دانش کسب‌شده در هنگام طراحی کردن است.[۱۲] انتقال یادگیری توسط نظریه پردازان حوزه‌ی روانشناسی شناختی برساخت گرا[۱۳] از منظر شناخت و برساخته شدن دانش در ذهن انتقال یادگیری تشریح شده است. نظریه‌ی طبقه‌بندی اهداف آموزشی[۱۴] بلوم، بر پایه‌ی روانشناسی شناختی برساخت گرا، فرآیند انتقال یادگیری را تشریح می‌کند.[۱۵] نظریه انتقال یادگیری را یک هدف آموزشی مهم و مطلوب معرفی می‌کند و تحت اصطلاحاتی مانند فرآیند ساخت دانش، یادگیری معنادار تشریح می‌کند.

۳-۱ یادگیری معنادار

یادگیری معناداری که یادگیری سازنده[۱۶] نیز نامیده شده است، به فرآیندی توجه دارد که در طی آن مخاطبان با توجه به اطلاعات دریافتی، آن‌ها را به‌طور ذهنی سازمان‌دهی می‌کنند و با دانش موجود منسجم می‌کنند و دانش خود را توسعه می‌دهند. در یادگیری معنادار، زمانی که فهم از محتوای تدریس شده ایجاد شود، نه تنها مطالب ارائه شده یادآوری می‌شود، بلکه فهمیده می‌شود و می‌تواند در موقعیت‌های جدید نیز به کار بیاید و به حل مسائل جدید و نا آشنا مانند خلق کردن نیز بیانجامد. یادگیری معنادار دانش و فرایندهای شناختی مورد نیاز دانشجویان را برای حل موفقیت‌آمیز مسئله فراهم می‌کند. [۱۷]

---

[۹] (Whitehead,1962) (Cunningham, 1980)

[۱۰] Cunningham, *Architecture as Education*

[۱۱] Hamid Nadimi (1996), Conceptualizing a framework for integrity in architectural education: with some references to Iran, 203.

[۱۲] Anderson and other, *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, p 63-70.*

[۱۳] constructivism

روانشناسی شناختی برساخت گرا (ساختن گرایی) از رویکردهای نوین روانشناسی شناختی است. رویکرد ساختن گرایی بر معرفت‌شناسی ساختارگرایی استوار است که در حوزه‌ی آموزش برتری خود را نسبت به رویکردهای سنتی آموزش نشان داده است. مفهوم ساختن گرایی قدمت زیادی دارد و به کارهای سقراط و افلاطون و ارسطو برمی‌گردد اما ظهور آن به عنوان گفتمان مربوط به اواخر قرن بیستم و حاصل تلاش افرادی همچون پیاژه، برونر، ویگوتسکی و دیویی به عنوان معماران این نظریه به شمار می‌رود. (شریفات و غلتاش، ۱۳۹۶،ص ۳۴۴)

[۱۴] Bloom's taxonomy of educational objectives

[۱۵] . این نظریه ابتدا در سال ۱۹۴۹ مطرح شد و ویرایش‌های بعد توسط بلوم و دیگران تکمیل شد. آخرین ویرایش آن در سال ۲۰۰۹ توسط اندرسون، کرسول و دیگران انجام شده است. این

[۱۶] Constructive learning

[۱۷] مطالب این بخش برگفته از نظریه‌ی اهداف آموزشی بلوم است که از منبع زیر اقتباس شده است.

Anderson and other, A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, p38-78.

یادگیری معنادار، دانش، وابسته‌ی به محتوای ارائه شده و همینطور پردازش‌های ذهنی صورت گرفته در آن، در ذهن شکل می‌گیرد و ابعاد مختلفی پیدا مشی‌کند. همراه با ساخت ابعاد دانش، شناخت از موضوع توسعه پیدا می‌کند و عمیق تر می‌شود. با برساخته شدن، ابعاد دانش در ذهن، شناخت کاملتر می‌شود. ابعاد دانش با یکدیگر ترکیب می‌شوند و برای حل مسائل جدید و پیچیده‌ی طراحی،مشارکت می‌کنند. نظریه‌ی یادگیری معنادار، به کمک فرآیند ساخت دانش[۱۸] ، ابعاد فرآیند شناخت را که درارتباط با یکدیگر هستند، تشریح می‌کند.

۳-۱-۱ فرآیند ساخت دانش

بنا بر نظریه‌ی روانشناسی شناختی (برساخت گرا)، دانش بر اساس واقعیات بیرونی و اطلاعات در ذهن برساخته می‌شود. دانش درنتیجه‌ی تشکیل الگوهایی از واقعیت و اصلاح و دوباره تشکیل شدن آن، ساخته می‌شود و مفاهیم ساده‌تر در مفاهیم پیچیده‌تر ادغام می‌شوند.[۱۹] روانشناسی شناختی چهار بعد، برای دانش قائل است. دانش امور واقع، دانش مفهومی، دانش رویه‌ای و دانش فراشناختی[۲۰]؛ محتوای آموزشی خارج از این ابعاد قرار دارد و به عنوان به معنای ماده[۲۱] و مترادف با محتوای موضوع آورده شده است.[۲۲]

دانش امور واقع، عناصر محتوایی جدا و گسسته از یکدیگر است که دانش اصطلاحات و جزئیات خاص و عناصر است. معادل با دانش گزاره‌ای، اظهاری (اخباری) می‌باشد.. این دانش می‌تواند (۱) عناصر موضوع اصلی را به عنوان اصطلاحات و ضوابط یا (۲) مفاهیم عمومی، اصول، مدل‌ها یا نظریه‌ها باشد. دانش امور واقع، دانش "بی‌اثر" است؛ یعنی به نظر می‌رسد که دانشجویان دانش زیادی کسب کرده‌اند، اما آن‌ها آن را در سطح عمیق‌تری درک نمی‌کنند و یا توانایی ادغام آن‌ها و یا نظم دهی سامانمند در راه‌های مفید را ندارند.[۲۳]

دانش مفهومی ؛ شامل دانش طبقه‌بندی‌ها و تقسیم‌بندی‌ها و روابط بین آن‌ها و همچنین طرحواره‌ها، مدل‌های ذهنی یا تئوری‌های صریح و ضمنی است که دارای فرم دانشی سازمان‌یافته و پیچیده‌تر است.و است. اسکیماها، مدل‌ها و تئوری‌ها نمایانگر دانشی هستند که در مورد این است که چگونه یک موضوع اصلی سازمان‌دهی شده است و ساختار پیدا کرده است، چگونه بخش‌های مختلف یا جزء اطلاعات به طور منظم در یک شیوه‌ی خاص سامانمند باهم پیوند خورده و به‌هم‌پیوسته‌اند، چگونه این قطعات با یکدیگر کار می‌کنند. افراد خبره دانش مفهومی گسترده‌تری نسبت به افراد تازه‌کار دارند؛ بنابراین بر مسائل دانش بی‌اثر و انتقال یادگیری در حل مسائل جدید فائق می‌آیند.[۲۴]

دانش رویه‌ای دانش نحوه‌ی انجام کاری است؛ روش‌های تحقیق و معیارهای استفاده از مهارت‌ها، الگوریتم‌ها، تکنیک‌ها و روش‌ها است. تعیین یا قضاوت در مورد اینکه" چه زمانی[۲۵] چه‌کاری انجام دهیم".

دانش فراشناختی شامل دانش استراتژی‌های عمومی است که ممکن است برای کارهای مختلف مورد استفاده قرار گیرد. در مورد شناخت به طور کلی و آگاهی عمومی و دانش در مورد خود شناخت، شامل دانش استراتژیک و دانش در مورد وظایف شناختی و همین‌طور دانش چه موقع و چگونه به کار بردن دانش‌ها در حل مسائل است. دانش استراتژیک به دانش راهکارهای یادگیری و تفکر اشاره دارد. دانش فراشناختی به طور کلی با یادگیری دانش‌آموز ارتباط مثبت دارد. [۲۶]

---

[18] Constructing knowledge

[19] Jean Piaget, The origin of intelligence in the child new fetter lane

Chiu-Shui Chan, Style and Creativity in Design, Studies in Applied Philosophy, p 27.

[20] Factual, Conceptual, Procedural, and Metacognitive.

substance[21]

[۲۲] همان P53.

[23] cited by Anderson and Krathwohl, 2009

[۲۴] همان.

[۲۵] منظور از " چه زمانی" در اینجا تقدم و تأخر انجام کارها بر اساس رویه یا دستورالعمل می‌باشد.

[26] Pintrich,The Role of Metacognitive Knowledge in Learning, Teaching, and Assessing, p 225.

۳-۱-۲ ابعاد فرآیند شناخت

بر اساس ابعاد دانش ارائه‌شده در روانشناسی شناخت‌گرا، شناخت درذهن برساخته می‌شود. شناخت به عنوان "پردازش ذهنی انتقال، کاهش، تفسیر، ذخیره بازیابی و استفاده از اطلاعات" است.[۲۷] می‌توان استنباط کرد که شناخت فرآیند پردازش دانش و یادگیری فرآیند ساخت دانش[۲۸] است.

ابعاد فرآیند شناخت در تئوری طبقه‌بندی اهداف آموزشی، از ارائه‌ی محتوای آموزشی تا خلق کردن در شش مرتبه طبقه‌بندی شده است. به جز مرتبه‌ی اول، پنج مرتبه‌ی دیگر بخشی از فرآیند انتقال یادگیری است. این مراتب شش‌گانه، تحت عنوان فرآیند ابعاد شناخت در جدول ۱ آورده شده است. دانش برساخته شده در ذهن دارای ابعادی است که در هر مرحله از شناخت یک یا چند بعد از آن پررنگ‌تر است و از مرتبه‌ی چهارم تا ششم، چهار بعد دانش در سنتز و ترکیب با یکدیگر شناخت پیچیده‌تری را رقم می‌زنند. از تقاطع ابعاد دانش و ابعاد فرآیند شناخت، لایه‌های شناختی دقیق‌تری مانند ت ۳ شکل می‌گیرد. یادگیری معنادار، فرآیندی است که آخرین مرتبه‌ی آن خلق کردن قرار دارد؛ بنابراین در مسئله‌های طراحی که ابداع و نوآفرینی یکی از ویژگی‌های آن است، نیاز به یادگیری معنادار وجود دارد.

۴ فهمیدن و یادگیری معنادار

در ابعاد فرآیند شناخت، فهمیدن، مرتبه‌ی مهمی نسبت به دیگر مراتب دارد؛ زیرا الگوهای ذهنی در این مرتبه شکل می‌گیرد و آغاز فرآیند انتقال یادگیری است. فهمیدن به عنوان استنباط معنی‌دار تعریف شده است.[۲۹] فهم معنای یک‌چیز، یک واقعه یا یک موقعیت در روابط با چیزهای دیگر اتفاق می‌افتد. فهم اینکه چگونه عملکردی اتفاق می‌افتد، عواقب پیروی کردن از آن چیست و چه عواملی باعث ایجاد آن می‌شود، در مقابل، آنچه برای ما معنایی ندارد، چیزی است که روابط آن درک نشده است. در مرکز و قلب همه‌ی فهمیدن‌ها رابطه‌ی معنی- پیامد وجود دارد.[۳۰]

فهمیدن برای حل مسئله‌ی ناآشنا الزامی است. مکانیسم ذهنی فهمیدن با ساخت الگوهایی از پیام‌های تدریس شده همراه است که تحت عنوان بازنمایی درونی نامیده می‌شود و با بعد مفهومی دانش در ارتباط است. ساخت الگوها، طرح‌واره‌ها، اسکیماهای ذهنی از محتوای ارائه شده و دانش گزاره‌ای، بازنمایی درونی نامیده می‌شود. بازنمایی درونی، دانش در فرم مفروضات، گزاره‌ها، تصاویر یا دیگر هم‌شکل‌ها است. برای حل بهینه‌ی یک مسئله، ضروری است که بازنمایی‌های درونی کافی برای هر حل مسئله‌ای وجود داشته باشد و سپس به‌طور مداوم بازنمایی‌ها برای هماهنگ شدن با موقعیت مسئله اصلاح شوند تا راه‌حل نهایی شود. [۳۱]

لایه شناختی کاربرد نیز با فهمیدن در ارتباط مستقیم است. حل مسائل ناآشنا که موضوع این مقاله است، تحت عنوان کاربست، وابسته به فهمیدن و ساخت بازنمایی‌های درونی کافی از محتوای موضوع است؛ زیرا اگر مسئله آشنا باشد، رویه‌های حل آن مشخص است و تنها کافی است به آن رویه‌ها عمل گردد؛ اما برای حل مسائل ناآشنا مانند مسائل طراحی، لازم است رویه‌های جدید خلق گردند. کاربست عطف با فهمیدن و خلق کردن است.[۳۲]

۴-۱ طراحی کردن و یادگیری معنادار

خلق کردن، آخرین و کامل‌ترین لایه شناختی است که در آن بعدهای دانش گزاره‌ای، رویه‌ای، مفهومی و فراشناختی حضور دارد. در این مرحله، فرآیند ساخت دانش و یادگیری معنادار تکمیل می‌گردد. خلق کردن، شامل قراردادن عناصر در کنار یکدیگر، برای فرم دادن به یک کل پیوسته یا عملکردی است. پروسه‌ی خلق کردن در اصل در گرو تجربیات یادگیری قبلی دانشجویان است. خلق کردن به معنای ابداع رویه‌های جدید برای حل مسائل ناآشنا است و با لایه‌های شناختی فهمیدن و کاربرد و دانش‌های مفهومی و رویه‌ای و همین‌طور تحلیل

---

[27] Chiu-Shui Chan, Style and Creativity in Design, Studies in Applied Philosophy, p 27

[28] Constructing knowledge

[29] Wiggins and McTighe, undrestanding by design,p 37.

[30] John Dewey, How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process, p 137-146.

[31] Zhang, The nature of external representations in problem solving, p179–217.

Chan, The impact of design representation to design thinking, p 88–90

[32] Anderson and other, A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, p 76-78.

و ارزیابی پاسخ خلق شده در ارتباط است. خلق رویه‌های جدید در مرحله‌ی زایش ایده‌ها اتفاق می‌افتد. مرحله‌ای که در تفکر طراحی با اصطلاح قاب‌بندی و بازنمایی بیرونی تشریح شده است.[۳۳]

زایش[۳۴] – ایده‌ها ، طراحی کردن، ساختن (تولید کردن) از لایه‌های شناختی خلق کردن هستند. زایش، مرتبه‌ای است که در آن به‌واسطه‌ی بازنمایی بیرونی مسئله ساختار مسئله از منظرهای مختلفی چینش می‌شود و گزینه‌ها یا ایده‌هایی برای حل مسئله نمایان می‌شود. (گزینه‌هایی که تامین کننده‌ی معیارهای مسئله نیز باشند.) بلوم فرآیند زایش را مشابه و وابسته به فهمیدن می‌داند. البته با این تفاوت که فرآیند فهمیدن همگرا و زایش واگرا است. هنگام زایش ایده‌ها از مرزها یا محدودیت‌های دانش قبلی و موجود فراتر می‌رود (بلوم) در لایه شناختی زایش، تمامی لایه‌های شناختی قبل حضور دارند که اهم آن فهمیدن و سپس کاربرد است.

لایه شناختی زایش، مطابق با نظریه‌ی بلوم و نظریه‌پردازان تفکر طراحی، ارتباط مستقیمی با مکانیسم ذهنی بازنمایی بیرونی دارد.[۳۵] بازنمایی‌های بیرونی، ساختار کار در محیط برای ساخت اشیاء فیزیکی، سمبل‌ها، گراف‌ها، برنامه‌ها به عنوان قوانین خارجی، محدودیت‌ها روابط یا منطق‌های تعبیه‌شده در پیکره‌بندی‌های فیزیکی هستند[۳۶]. بازنمایی وسیله‌ای برای خلق و ارائه‌ی یک مفهوم طراحی، یک مکانیسم شناختی برای حل کردن مسئله‌ی طراحی و یکی از فاکتورهایی است که باعث خلاقیت می‌شود. (همان). در مسائل طراحی برخلاف مسائل با ساختار روشن، بازنمایی‌های بیرونی نیز باید ساخته شوند.[۳۷] این بازنمایی‌ها اغلب به صورت ترسیمات دستی، اسکچ، ماکت‌های اتودی و یا ترسیمات کامپیوتری هستند. [۳۸]

بازنمایی‌های بیرونی از تصاویر متفاوت برخوردار هستند و به‌طور فیزیکی تصورات فرآیند استدلال بصری را منعکس می‌نمایند. در فرآیند طراحی بازنمایی‌های بیرونی همراه با تفکر سامانمند[۲۰] و منطقی[۲۱]، مکانیزمی تامین می‌نمایند که به این مکانیزم استدلال بصری گفته می‌شود. استدلال بصری، پدیده استدلال بین اشکال و مفاهیم و یا راهکارها می‌باشد و تا زمانی ادامه می‌یابد که روابط متقابل، نیازهای طراحی رضایت‌بخش را تامین نماید.[۳۹] پروسه‌ای محاوره‌ای و تکرارشونده، بین ایده‌های درونی یک طراح و بازنمایی‌های بیرونی‌اش می‌باشد.[۴۰] منظور از استدلال بصری در فرآیند طراحی، هر چیزی که طراح ترسیم می‌کند، نیست؛ بلکه با توجه به اینکه مسئله طراحی، هدفی را دنبال می‌کند و معیارهایی را باید تامین کند، آن ترسیماتی است که دارای ساختاری مبتنی بر محدودیت و اقتضائات مسئله است و در ارزیابی‌ها (که می‌تواند کرکسیون‌ها یا اتودهای طراح باش.) میزان تامین معیارهای آن سنجیده می‌شود، سپس اتودها یا بازنمایی‌های بعدی خلق می‌شوند.

۵- بسط نظریه بلوم به حوزه‌ی طراحی سازه در معماری

بسط نظریه بلوم به حوزه‌ی آموزش معماری با موضوع سازه، با هدف تبیین فرآیند ساخت دانش سازه از محتوای آموزشی تا طراحی سازه در حوزه‌ی معماری صورت گرفته است. این نظریه می‌تواند قدمی در جهت ارزیابی پارامترهای بلوم در آموزش فعلی سازه و همین‌طور تبیین سامانه‌ی جامع آموزش سازه برای رسیدن به هدف طراحی سازه در معماری باشد.

---

33 Kee Dorst, The core of ‘design thinking’ and its application, p 525.

34 GENERATING

35 Kee Dorst, The core of ‘design thinking’ and its application, p 525-532.

Chiu-Shui Chan, Style and Creativity in Design, Studies in Applied Philosophy, p41 .

36 همان

37 Hayes, The complete problem solver, p55-60

38 Tversky, what does draw revealing about thinking, *p 96*

۳۹ همان

40 Tang and Tsai, Visual reasoning in the design process.

نقل‌شده در کلینی ممقانی، عظیمی، تأثیر طراحی با دست آزاد. (اسکچ) در فرایند طراحی، ص۷۹ .

۵-۱ محتوای موضوع در آموزش سازه

در حوزه‌ی آموزش سازه در دانشکده‌های معماری، محتوای آموزشی سازه، مبتنی بر تئوری‌های تحلیلی و عددی سازه است که از حوزه‌ی مهندسی عمران وارد رشته‌ی معماری می‌شود. هسته‌ی اصلی آنچه اکنون تحت تئوری‌های علمی مهندسی سازه می‌شناسیم از اواسط قرن نوزدهم با گسترش علم ریاضیات و مکانیک و با تجمیع تئوری‌های الاستیک (مقاومت مصالح)، تئوری خمش ناویر و تئوری خطی - الاستیک ماکسول شکل‌گرفته است.[۴۱] این تئوری‌ها در عناوین کلی ایستایی، مقاومت مصالح و مکانیک سازه‌ها در سرفصل‌های درسی رشته‌ی معماری آموزش داده می‌شوند. در بررسی‌های صورت گرفته در سرفصل دانشکده‌های معماری در جهان، این مبانی وکلیات سازه در تمامی آن سرفصل‌ها وجود داشت. برخی از دانشگاه‌ها مانند دانشگاه ETH زوریخ، MIT در سرفصل خود به مکانیک سازه‌ها، اصول و فرضیات تحلیل سازه به روش حدی[۴۲] و حدیِ جنبشی[۴۳] نیز می‌پردازند.[۴۴]

۵-۲ ابعاد دانش سازه و مصادیق آن‌ها

با توجه به ابعاد دانش تعریف‌شده در روانشناسی شناختی، در این بخش، ابعاد دانش سازه، بر مبنای منابع منتشر شده و استدلال منطقی معرفی می‌گردد.

۵-۲-۱ بعد گزاره‌ای دانش سازه

با توجه به تعریف، دانش گزاره‌ای سازه، اصطلاحات و ضوابط، مفاهیم عمومی، اصول، مدل‌ها یا نظریه‌های سازه می‌باشد که در واحدهای نظری تعریف شده در سرفصل آموزشی تعریف شده است. برخی از رویه‌های حل مسئله‌های محاسباتی سازه نیز در این مرحله آموزش داده می‌شود. پژوهش‌های وثیق (۲۰۰۵)، شاهرودی (۱۳۸۷)، سلیمانی (۱۳۹۳) نشان می‌دهد که این آموزش‌ها در محیط‌های چندرسانه‌ای بازدهی بیشتری نسبت به سخنرانی صرف دارد.

۵-۲-۲ بعد مفهومی دانش سازه

رجوع به منابع نشان می‌دهد که درک ریاضیاتی و مکانیکی از نیروها، تنش‌ها و غیره در حوزه‌ی طراحی سازه به‌تنهایی کافی نیستند و عملکرد ضعیفی دارند.[۴۵] بنابراین باید به این پرسش پاسخ داده شود که در فرآیند طراحی سازه در حوزه‌ی معماری چه دانش و فهمی از سازه می‌تواند ناظر به وجه طراحی سازه باشد؟ بنابر ادبیات مرور شده در بخش ابعاد فرآیند شناخت می‌توان استدلال کرد که بعد مفهومی دانش سازه، دانشی سازمان‌یافته از مبانی و کلیات سازه است که در لایه شناختی فهمیدن، موجب خلق الگوهای ذهنی از مفاهیم مربوطه می‌گردد که مرحله‌ی بسیار مهمی در جهت ابداع و طراحی کردن و حل مسائل ناآشنا است. پژوهش‌های صورت گرفته توسط پژوهشگرانی چون ادوارد آلن، مینستون، سونداکر و ایگن (۲۰۱۱)، مولر (۲۰۱۴) نشان می‌دهد که فهمیدن محتوای تئوری سازه، به این معنا است که اثر نیرو بر فرم، تنش‌های درونی اعضا زمان بارگذاری و فرم و شکل مناسب بارگذاری فهمیده شود. البته آلن و زالوسکی (۲۰۰۹) روش‌های ایستایی ترسیمی در تحلیل نیروها و طراحی فرم سازه‌ای را نیز در فهمیدن سازه بسیار موثر می‌داند. این نگرش در پژوهش‌های صورت گرفته توسط بلوک، لاچاور، سالیکلیس[۴۶]، اکبرنژاد و غیره دنبال شده است. مینستون (۲۰۱۳) در خصوص فهمیدن و طراحی سازه، سه فهم

---

[41] Karl-Eugen Kurrer, The History of the THEORY OF STRUCTURES Searching for Equilibrium.

[42] Limit Analysis

[43] Kinematic Limit Analysis

[۴۴] آموزش تحلیل کینماتیک سازه توسط فریدنی نیز تاکید شده بود. این موارد اکنون در سرفصل آموزشی دانشکده معماری یزد (۱۳۹۸) وارد شده است.

[45] Karl-Eugen Kurrer, The History of the THEORY OF STRUCTURES Searching for Equilibrium.

Mueller, Computational exploration of the structural design space. Polónyi, The Concept of Science, Structural Design. Sandaker and Eggen, The Structural Basis of Architecture. 33–45

[۴۶] Edmond Saliklis نویسنده‌ی کتاب‌های زیر در خصوص ایستایی ترسیمی و طراحی سازه برای معماران است.

Saliklis, E. (2020). Structures: A Studio Approach: springer.

Saliklis, E. (2019). Structures: A Geometric Approach Graphical Statics and Analysis, springer.

از سازه را نام می‌برد که در طول تاریخ، دانش‌های مفهومی سازه را ایجاد کرده است. فهم انقباض و انبساط و کشش و فشار در ماهیچه‌ها، فهم سازه‌ای حاصل از فضای ساخته‌شده، فهم هندسی از سازه درنتیجه‌ی کاربرد هندسه‌ی عملی در ترسیم و اجرای سازه‌ها. وی تئوری و دانش علمی سازه را نیز مطرح کرده است که به وضوح در دسته‌ی دانش گزاره‌ای قرار می‌گیرد.[۴۷] وزیری (۱۳۷۱) از اصطلاح کانال‌های نیرویی و تشخیص آن توسط دانشجوها، مینستون از فهم هندسی سازه، عالمی (۱۳۹۵) از فرم سازی سازه، محمودی (۱۳۹۰) از شناخت هندسی سازه برای توصیف این دانش مفهومی صحبت می‌کنند.[۴۸] با مرور ادبیاتی در خصوص طراحی سازه در معماری می‌توان این استدلال قوی را آورد که طراحی سازه در حوزه‌ی معماری به‌طور عمده به تعیین شکل، فرم و هندسه بازمی‌گردد[۴۹] بنابراین دانش مفهومی سازه، که ارتباط نزدیکی با فهم هندسی سازه دارد، نقطه‌ی عطف در یادگیری معنادار سازه است.

۵-۲-۳ بعد رویه‌ای دانش سازه

برای طراحی خلاقانه‌ی سازه، دانش رویه‌ای سازه نیز مورد نیاز است. همان‌طور که پستمن و وینگاردنر (۱۹۷۲) عنوان می‌کنند، دانش رویه‌ای برای تفکر انتقادی در طراحی ضروری است.[۵۰] دانش رویه‌ای سازه را می‌توان در دو دسته‌ی رویه‌های محاسبات سازه و رویه‌های فرم‌یابی سازه دسته‌بندی کرد. محاسبات سازه با روش‌های دستی و رایانه‌ای، یا با روش‌های هندسی و شبیه‌سازی و عددی همگی دانش‌های رویه‌ای محاسباتی سازه را شکل می‌دهند. روش‌هایی مانند گرافیک استاتیک، هم در رویه‌های محاسبات و هم رویه‌های فرم‌یابی سازه قرار دارند. ادوارد آلن (۲۰۰۹) در کتاب فرم و نیروها، روش هندسی ایستایی ترسیمی را برای حل مسائل سازه‌ای برای معماران معرفی می‌کند و با این روش تمامی سازه‌های معلق، پوسته‌ای، تیر و خرپا و غیره را طراحی و محاسبه می‌کند. لوئیجی نروی (۱۹۵۶)، آموزش روش‌های گرافیکی برای تحلیل نیروها و محاسبات آن‌ها را برای معماران ضروری می‌داند (۱۱-۲۴)؛ زیرا ترکیبی از دانش‌های رویه‌ای محاسباتی، فرم یابی و مفهومی سازه را شامل می‌شود. بهره‌گیری از قابلیت‌های رایانه‌ای در پردازش و کشف فرم‌های آزاد، ارگانیک و با بهره‌وری بالا با روش‌های هندسی، بیش از یک دهه است که توسط پژوهشگران تاکید می‌شود.[۵۱] مولر (۲۰۱۶)، روش‌های هندسی رایانه‌ای را برای معماران مناسب‌تر می‌داند و عنوان می‌کند، این معماران هستند که هندسه‌ی سازه را طراحی می‌کنند و با آن فرم کلی معماری را تعیین می‌کنند (در مرحله‌ی اولیه‌ی طراحی معماری) و مهندسان تنها در نقش اصلاح‌کننده و محاسبه کننده‌ی اعضای آن هندسه‌ای هستند که توسط معماران خلق شده است.[۵۲] این نرم‌افزارها زمینه‌های توسعه‌ی دانش‌های رویه‌ای سازه برای معماران را فراهم می‌کند.

۵-۲-۴ بعد فراشناختی دانش سازه

---

[47] Rowland J. Mainstone, Developments in structural form, p 317-324.

[۴۸] هندسه به عنوان جوهره‌ی فرم و توصیف کننده‌ی آن است. (Peters and Whitehead, 2008)

[۴۹] (Allen & Zalewski, 2009; C Mueller, 2017; L. Lachauer & T. J. A. i. A. G. Kotnik, 2010; Lachauer, 2015; Mainstone, 2013; Sandaker, Eggen, & Cruvellier, 2011; Van Mele, Lachauer, Rippmann, & Block, 2012; Vrontissi, 2018; محمودی کامل آباد, ۱۳۹۰ و عالمی ،۱۳۹۵).

[۵۰] Postman, andWeingardner, Teaching as a Subversive Activity.

[51] Peters and Whitehead, Geometry, form and complexity. In Space craft: Developments in architectural computing, p1.

و منابع دیگر

Zheng, H. (2020). Form Finding and Evaluating Through Machine Learning: The Prediction of Personal Design Preference in Polyhedral Structures.

[52] Catllin Mueller, Structure, Architecture, and Computation: Past and Future, functioning of structures in architecture, p 19-25.

شناخت سازه و ساختار و جایگاه آن در معماری، آگاهی از طراحی سازه و جایگاه آن در فرآیند طراحی یک ساختمان، آگاه بودن از نقش‌های مختلف سازه و توسعه‌ی آن‌ها در معماری[۵۳] ، که در مجموع باعث می‌گردد اهمیت ابعاد دانش گزاره‌ای، مفهومی و رویه‌ای سازه در طراحی معماری درک گردد و خود محرکی برای یادگیری بهتر دانش سازه و به کارگیری آن خواهد بود.

اهمیت محتوای موضوع ارائه شده، از سازه، به ذهن سپردن آن، ایجاد درک و فهم و سپس روش‌های تحلیل و ارزیابی سازه‌ها و همین‌طور داشتن نگرشی نسبت به جایگاه، وظیفه، تکلیف و حقوق سازه در معماری، ابعاد دانش سازه است؛ که برای رسیدن به طراحی خلاقانه‌ی سازه باید تقویت و توسعه پیدا کنند.

۵-۳ یادگیری معنادار سازه در طراحی معماری

بر اساس ابعاد دانش و لایه‌های شناختی مطرح‌شده در خصوص فرآیند ابعاد شناخت می‌توان نمودار ۴ را به شکل زیر در خصوص دانش سازه تکمیل کرد.

همان‌طور که در بخش‌های پیشین مطرح شد، در مرتبه‌ی خلق کردن، سنتز و ترکیبی از ابعاد دانش و شناخت حضور دارد. برای خلق کردن، علاوه بر ابعاد دانش، نیاز به تفکر خلاق نیز هست. همان‌طور که در بخش ۴ مطرح شد، در خلق کردن، لایه شناختی زایش، ایده‌های گوناگون برای پاسخ به مسائل طراحی را تولید می‌کند که با استدلال بصری -که در منابع استدلال تولیدی، تکنولوژیک نیز نامیده شده – همراه است. فرآیند استدلال بصری در حوزه‌ی معماری، با توجه به وابستگی بین جنبه‌های مختلف یک مسئله طراحی معماری، استدلال دیاگرامی نیز گفته شده است. الکساندر در کتاب یادداشت‌هایی در مورد سنتز فرم (۱۹۶۴)، از دیاگرام‌های سازنده نام می‌برد. یک جنبه قدرتمند از ایده نمودار سازنده[۵۴]، ضمن حفظ ویژگی‌های اصلی توپولوژیکی، انعطاف‌پذیری هندسی ذاتی آن است.[۵۵] نظریه‌پردازان دیگری که بر روی دیاگرام‌ها و استدلال دیاگرامی کار کرده‌اند، منحصرا روی سیستم‌های بازنمایی بیرونی[۵۶] با هدف تاسیس وضعیت منطقی یک سیستم، با آزمایش درست بودن و قدرت بازنگری سیستم بازنمایی انتخاب شده متمرکز هستند تا اینکه قدرت اکتشافی آن را نمایش دهند.[۵۷]

---

[۵۳] زینلی و نبی میبدی؛ بررسی رابطه میان سازه و معماری از منظر مفهوم "نقش"، ص۱۸.

[۵۳] برای مطالعه‌ی بیشتر:

Charleson. A (2014), Structure as Architecture: A Source Book for Architects and Structural Engineers, Routledge published.

- زینلی، فوزیه، (۱۳۹۲)، طراحی دبیرستان دخترانه در یزد با تأکید بر نقش سازه در معماری، استاد راهنما، نبی میبدی مسعود، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - دانشگاه یزد - دانشکده معماری و شهرسازی، کارشناسی ارشد.

- نورانی سعدالدین، محمد، (۱۳۹۷)، طراحی دبیرستانی در یزد بر اساس نقش صوری سازه، استاد راهنما، نبی میبدی مسعود، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - دانشگاه یزد - دانشکده معماری و شهرسازی، کارشناسی ارشد.

[۵۴] البته منظور الکساندر از دیاگرام‌های سازنده به تجزیه‌ی خودکار مسائل معماری (مشابه مسائل ریاضی) اشاره دارد الکساندر در نوشته‌های بعدی خود ، ایده احتمال تجزیه رسمی و خودکار مسائل طراحی معماری را کنار گذاشته و مفهوم "نمودارهای سازنده" را با ایده "الگوها" جایگزین می‌کند.

[55] Lorenz Lachauer, Interactive Equilibrium Modelling A new approach to the computer-aided exploration of structures in architecture, p 21.

[۵۶] External representation

[۵۷] (دانشنامه استنفورد، موضوع *Diagrams*، ۲۰۱۸).

۶-۱ استدلال دیاگرامی و لایه شناختی خلق کردن در طراحی سازه

دیاگرام‌ها به نوعی موثرتر از بازنمودهای منطقی سنتی هستند. به عنوان مثال، یک نقشه بهتر از توصیف زبانی می‌تواند در مکان‌یابی کمک کند. پیرس دیاگرام‌ها را با توجه به ویژگی‌های آن این‌گونه تعریف می‌کند. بازنمایی که با قراردادهایی غالبا نمادی از روابط است. باید بر اساس یک سیستم بازنمایی کاملاً سازگاری باشد که بر پایه‌ی ایده‌ی اصلی ساده و قابل فهم باشد[۵۸]. یک دیاگرام با ترسیم یا تصویر متفاوت است زیرا جنبه‌های منطقی و هنجاری دارد. منظور پیرس از روابط در اینجا، آن وجه هنجاری است که بنا بر محدودیت‌ها، معیارها و اصول شکل گرفته است. به این معنا که بر اساس معیارهای مهم و محدودیت‌های یک مسئله‌ی طراحی، یک بازنمایی ساخته می‌شود، سپس مورد آزمایش قرار می‌گیرد تا با معیارهای طراحی سازگار باشد. بعد از آن، می‌توان نتیجه‌ی آن را که یک طرح‌واره، الگو یا اسکیس است را مشاهده کرد. بخش مهم در دیاگرام‌ها این است که می‌توانند در طیفی از پارامترها تغییر کنند و فرم‌های جدید را به خود بگیرند. در این فرآیند که استدلال دیاگرامی نامیده می‌شود تعامل بازنمایی درونی در ذهن و بیرونی کلیدی است با بازنمایی یک مسئله در دیاگرام، می‌توانیم آن را آزمایش کنیم و توسعه دهیم[۵۹] استدلال دیاگرامی می‌تواند در قبول و یا رد پیشنهادهای طراح در زمان قاب‌بندی مسئله به کار آید.[۶۰] بنابراین استدلال دیاگرامی می‌تواند در مهم‌ترین بخش از خلق کردن، یعنی زایش ایده‌ها حضور پررنگ داشته باشد. در بخش طراحی کردن، این ایده‌ها به منصه‌ی ظهور در خواهند آمد و ترسیم می‌گردند.

۶-۲ استدلال دیاگرامی، مدلی از ساخت دانش سازه در طراحی معماری

مفهوم استدلال دیاگرامی، در لایه شناختی خلق کردن و برای عمل بازنمایی مسئله و زایش ایده‌ها اهمیت دوچندانی از خود نشان می‌دهد. لایه شناختی فهمیدن در زایش ایده‌ها تاثیر بسیاری دارد و از طرفی، فهم سازه، در منابع متعدد بررسی‌شده، فهم هندسی است که با اشکال، فرم‌ها و ترسیم‌ها سروکار دارد. این ویژگی فهم هندسی را می‌توان با مفهوم استدلال دیاگرامی تطبیق داد. وجه هنجاری و منطقی دیاگرام را می‌توان را مبتنی بر قواعد، اصول سازه در نظر گرفت و همین‌طور وجه کشاف و تعاملی آن می‌تواند معطوف بر وجه خلاقانه و نوآورانه‌ی طراحی سازه شود. هر بار که دیاگرامی از سازه بنا بر معیارهای درونی و بیرونی مسئله ترسیم می‌شود، بازنمایی ساخته می‌شود، مشاهده می‌گردد و ارزیابی می‌شود. درواقع استدلال با کمک دیاگرام‌ها صورت می‌گیرد؛ بنابراین، دانش هندسی سازه، فهم هندسی سازه، رویه‌های طراحی سازه با رویکرد هندسی و همچنین استدلال دیاگرامی، وجوه اصلی شکل دهنده به طراحی سازه از محتوای آموزش سازه تا طراحی سازه در معماری را شکل می‌دهد. می‌توان نمونه‌های متعددی از طراحی سازه در طول تاریخ معماری را مثال زد که این روند را طی کرده‌اند.

۶-۳ مصادیق استدلال دیاگرامی در طراحی سازه

مدل‌های معلق گائودی، یک نمونه از فرآیند ساخت دانش سازه و نهایت استدلال دیاگرامی در مرحله طراحی سازه در کلیسای گائودی است. می‌دانیم که این مدل‌های معلق بر اساس یک اصل فیزیکی از رابرت هوک[۶۱] شکل گرفته است (محتوای موضوع و دانش گزاره‌ای). این تئوری، در ذهن طراح الگوها و طرح‌واره‌هایی را شکل داده است. ممکن است این طرح‌واره‌ها از مدل‌های ایستایی ترسیمی و یا قضیه وارینون[۶۲] نشات گرفته باشد. فهم این تئوری، به صورت طناب‌هایی آویزان با گلوله‌هایی است که در سراسر آن آویزان شده نشان داده است. این فهم یک فهم هندسی است. اکنون این طناب‌ها از هر نقطه‌ای که آویزان شوند و با هر طولی و یا هر تعداد گلوله‌ی آویزان، شرایط قضیه‌ی هوک را فراهم کرده‌اند. (وجه هنجاری و منطقی دیاگرام). اما طراح این اختیار و این فرصت را نیز دارد که با تغییر شرایط و پارامترهای حاکم بر قضیه با توجه به معیارهای طراحانه و معمارانه، به وظایف خلاقانه‌ی خود نیز پاسخ دهد (وجه کشاف دیاگرام).

---

[۵۸] ((Peirce, CP.4.418, 1903) as cited by Hoffmann

[۵۹] Hoffmann, Signs as means for discoveries: Peirce and his concepts of “diagrammatic reasoning.

[۶۰] Kee Dorst, The core of ‘design thinking’ and its application, p 526.

[۶۱] Robert Hook

بر اساس یک اصل فیزیکی که برای اولین بار توسط رابرت هوک شرح داده‌شده است: عملکرد سازه‌ای یک کابل معلق با ضخامت یکسان تحت وزن خود، کشش خالص است، وارونه‌ی آن شکل بهینه‌ی یک قوس با عملکرد فشار خالص است

[۶۲] Varignon's theorem

گشتاور برآیند چند نیرو حول یک نقطهٔ معین برابر است با مجموع گشتاورهای آن‌ها حول همان نقطه و یا گشتاور یک نیرو حول هر نقطه برابر است با مجموع گشتاورهای مؤلفه‌های آن نیرو حول همان نقطه.

فرم‌های به دست آمده، مطمئنا از بهره‌وری بالایی برخوردار هستند. نتیجه می‌گیریم که این عمل، استدلال دیاگرامی است. همین‌طور دانش سازه، در فرم تئوری و گزاره‌ای خود باقی نمانده است و آنچه به این تئوری فرصت ظهور و بروز داده است، ترکیبی از فهم هندسی، رویه‌های طراحی سازه و استدلال دیاگرامی است.

مدل‌های معلق گائودی، نوعی استدلال دیاگرامی است که نمود فیزیکی به خود گرفته است. استدلال دیاگرامی یک فرآیند ذهنی است که منتج از عمق شناخت و ابعاد مختلف دانش موضوع است. (می‌تواند همواره فیزیکی نباشد و صرفا در ذهن باشد.) فرآیند طراحی سازه‌های مختلف دیگر در پارک گوئل مانند تونل‌های سنی آن از گائودی نیز مصداق دیگری از این فرآیند است. مدل‌سازی‌های سازه‌ای مانند مدل‌های فیزیکی، دیاگرام‌های برش و لنگر خمش، ترسیم‌های دستی تحلیلی و غیره همگی می‌توانند در فرآیند استدلال دیاگرامی شرکت کنند.

۷- جمع‌بندی

این پژوهش با بهره‌گیری از نظریات آموزشی مبتنی بر روانشناسی شناختی و همینطور نظریات مبتنی بر تفکر طراحی از منظر شناخت گراها، به بسط نظریه‌ی یادگیری معنادار سازه در حوزه‌ی معماری پرداخته است. این پژوهش نشان می‌دهد که، محتوای آموزشی سازه که تئوری‌های علمی و تحلیلی سازه است، نقطه‌ی آغاز شناخت سازه در آموزش دانشگاهی معماری است و بنیانی برای ساخت دانش‌های گزاره‌ای، مفهومی و رویه‌ای سازه محسوب می‌شود. دانش‌های مفهومی و رویه‌ای سازه در موقعیت‌های طراحی موثرتر هستند و فرم تبدیل یافته‌ای از محتوای موضوع و دانش گزاره‌ای سازه می‌باشند. مرتبه‌ی طراحی سازه، به معنای ابدع رویه‌ی جدید، برای حل مسئله‌ی طراحی معماری است، بنابراین شناخت هندسی سازه -دانش مفهومی سازه محسوب می‌شود - و رویه‌های محاسباتی و فرم‌یابی سازه و کاربست آنها در موقعیت‌های طراحی معماری مورد نیاز است.

در موقعیت طراحی معماری، علاوه بر تفکر انتقادی و تحلیلی که مبتنی بر دانش -بخصوص دانش رویه‌ای – است، به تفکر خلاق یا طراحانه نیز نیاز است. استدلال دیاگرامی مدلی از تفکر طراحانه در حوزه‌ی معماری و مهندسی است که با فهم هندسی از سازه، سازگاری دارد.

بسط نظریه طبقه‌بندی اهداف آموزشی بلوم، به حوزه‌ی طراحی سازه در معماری، نتایج زیر را در بر دارد.

- طراحی سازه، متعالی‌ترین بعد از شناخت سازه است.

- برای رسیدن به مرتبه‌ی طراحی سازه، لازم است که محتوای ارائه شده از دانش سازه، به دانش‌های گزاره‌ای، مفهومی، رویه‌ای توسعه پیدا کند و در فرآیند ابعاد شناخت سازه به کار آید. همین‌طور، فرآیند تفکر طراحی مبتنی بر استدلال دیاگرامی توسعه پیدا کنند (یادگیری معنادار سازه).

- واحدهای نظری مرتبط با ایستایی و سازه که اغلب به صورت سمینار است، محتوای موضوع را ارائه می‌دهد و به بعد گزاره‌ای دانش سازه می‌پردازد. در محیط‌های تعاملی مانند کارگاه‌های طراحی معماری امکان توسعه و رشد دیگر ابعاد دانش سازه وجود دارد؛ که لازم است در سرفصل‌های معماری به شرایط توسعه‌ی دانش‌های هندسی سازه امکان حضور داده شود.

- بخش عمده‌ای از شناخت سازه، حاصل از توسعه‌ی دانش‌های به‌دست‌آمده از محتوای موضوع ارائه شده از سازه است. دانش‌های مفهومی سازه (فهم هندسی) سازه و دانش‌های رویه‌ای که شکل سازمان‌یافته‌تری نسبت به دانش‌های گزاره‌ای سازه دارند در طراحی سازه موثرتر از دانش گزاره‌ای عمل می‌کنند.

- دانش‌های مفهومی سازه، اغلب از جنس فهم هندسی سازه هستند که در فرآیند زایش ایده‌های طراحانه، به صورت دیاگرام‌هایی در فرآیند استدلال طراحی شرکت می‌جویند.

بعد فراشناختی سازه، بیشتر برگرفته از نگرش‌های تقویت شده در معماران نسبت به جایگاه، نقش، وظیفه سازه در معماری دارد که اگر این نگرش در جهت اهمیت دادن به عناصر سازه‌ای در کالبد معماری باشد، شناخت سازه نیز مورد توجه بیشتری قرار خواهد گرفت.

نسخه پیش انتشار

منابع و مآخذ

- تقی زاده، کتایون (۱۳۹۴)، مشکلات و پیچیدگی‌های انتقال مفاهیم سازه‌ای در فرآیند آموزش معماری، *نشریه هنرهای زیبا*، دوره ۲۰، شماره ۴، صص ۸۷-۹۸.

- زینلی، فوزیه و فرح زا، نریمان (۱۳۹۹)، انسجام دانش فنی و آموزه‌های طراحی در آموزش معماری مقایسه‌ی تطبیقی سرفصل دروس کارشناسی معماری دانشگاه‌های برتر جهان و ایران، *نشریه هنرهای زیبا*، دوره‌ی ۲۵، شماره ۲، صص ۹۵-۱۰۶.

- زینلی، فوزیه و نبی میبدی، مسعود (۱۳۹۶)و بررسی رابطه میان سازه و معماری از منظر مفهوم "نقش"، *همایش بین المللی عمران، معماری، توسعه شهری، دانشگاه شهید بهشتی*، ایران.

- شریفات، لطیف و قلتاش، عباس (۱۳۹۶)، نظریه یادگیری سازنده گرایی،اولین کنفرانس بین المللی علوم انسانی، مطالعات فرهنگی و اجتماعی،شیراز.

- صداقتی، عباس و حجت، عیسی (۱۳۹۸)، محتوای آموز معماری در ایران و میزان موفقیت دوره‌ی کارشناسی در انتقال این محتوا، *دوفصلنامه مطالعات معماری ایران*، دوره ۸، شماره ۱۵، صص ۹۱-۱۱۲.

- عالمی، بابک (۱۳۹۵)، *کالبدشناسی فرم (نقش مفاهیم سازه‌ای در پیدایش فرم)*، پایان نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ایران.

- عالمی، بابک و پوردیهیمی، شهرام ، مشایخ فریدنی، سعید (۱۳۹۵)، سازه، فرم، معماری، *نشریه صفه*، دوره ۵ شماره ۹، صص ۱۲۳-۱۴۰.

- کلینی ممقانی ناصر و عظیمی سمانه (۱۳۹۰)، تأثیر طراحی با دست آزاد (اسکچ) در فرایند طراحی، ، *نشریه هنرهای زیبا*، شماره ۴۶، صص ۷۵-۸۵

- محمودی کامل‌آباد، مهدی (۱۳۹۰)، *دانش ضمنی سازه در فرآیند طراحی معماری*، مقطع دکتری، دانشگاه شهید بهشتی.

- مشایخ فریدنی، سعید (۱۳۷۷)، پروژه تحقیقاتی هنر مهندسی، *نشریه علمی و پژوهشی صفه*، سال هشتم، شماره۲۷ .

- مولانایی، صلاح‌الدین (۱۳۹۲)، *ارتقاء نگرش سازه‌ای درروش طراحی معماری بر مبنای روش ARCH-ST* ، پایان نامه‌ی دکتری، *دانشگاه علم و صنعت*، ایران.

- میرجانی, حمید (۱۳۸۹)، استدلال منطقی به مثابه روش پژوهش، *نشریه علمی و پژوهشی صفه*، دوره ۲۰، شماره ۵۰، صص ۳۵-۵۰.

- ندیمی، حمید، (۱۳۹۱)، آموزش علوم مهندسی یا طراحی مهندسی :تأملی در باره آموزش مهندسی در ایران، نشریه آموزش مهندسی در ایران، سال چهارم، دوره ۵۶، ص ۱-۱۶.

- Alcorn, C. G (2003), *Improving Student Knowledge Through Experiential Learning-A Hands-On Statics Lab*, Virginia Tech.
- *Allen, E. Zalewski, W (2009*), Form and Forces: Designing Efficient, Expressive Structures, *Jon Wiley and Sons.*
- Anderson, L. W., and Krathwohl, D. R (2001), *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*, New York, Longman.
- Black, R. G., & Duff, S. (1994). A Model for Teaching Structures: Finite Element Analysis in Architectural Education, *Journal of Architectural Education*, 38-68.
- Chan, C.-S. (2015). *Style and Creativity in Design, Studies in Applied Philosophy*, Springer International Publishing Switzerland 2015.
- Chiuini, M (2006), Less Is More: A Design-oriented Approach to Teaching Structures in Architecture, *Building Technology Educators' Symposium*, pp 205-2012.
- Dewey, J. (1933). How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process. Boston: Henry Holt.
- Diagrams, (2018). In *plato.stanford.* (Vol. First published Tue Aug 28, 2001; substantive revision Thu Dec 13, 2018).
- Dorst, K. (2011). The core of 'design thinking' and its application. *Design Studies, 32(6), 521 – 532.*
- Gelenter, M. (1988). Reconciling Lectures and Studios. *JAE, 41 (2), 46 - 52* .

نسخه پیش انتشار

- Goldschmidt, G. (1994), On visual design thinking: the vis kids of architecture, Design Studies, Vol. 15, No. 2, pp. 158174.
- Hayes JR (1981) The complete problem solver. The Franklin Institute, Philadelphia, pp 51–69
- Hoffmann, M. H. G. (2005). Signs as means for discoveries: Peirce and his concepts of "diagrammatic reasoning," "theorematics deduction," "hypostatic abstraction," and "theoric transformation". In M. H. G. Hoffmann, J. Lenhard, & F. Seeger (Eds.), Activity and sign – grounding mathematics education (pp. 45–56).
- Kurrer, K.-E. (2008). *The History of the THEORY OF STRUCTURES Searching for Equilibrium*: Weily
- Lachauer, Lorenz, S (2015), Interactive Equilibrium Modelling A new approach to the computer-aided exploration of structures in architecture, PhD dissertation at ETH university, Zurich.
- Mainstone, R. (2013*). Developments in structural form*, Routledge.
- Mueller, C. Fivet. John Ochsendorf (2017). "Graphic Statics and Interactive Optimization for Engineering Education.
- Mayer, R., & Wittrock, M. C. (1996). Problem-solving transler. In D. C. Berliner & R C. Calfee.
- Mueller, C. T. (2014). Computational exploration of the structural design space, PhD dissertation at Massachusetts Institute of Technology.
- Mueller, C. T. (2014). *Computational Exploration of the Structural Design Space.* Massachusetts Institute of Technology
- Mueller, C. T. (2016). "Structure, Architecture, and Computation: Past and Future, *functioning of structures in architecture, EPFL Press*
- Mutton Aurelioi (2011), *The art of structures, Introduction to the functioning of structures in architecture*, EPFL Press.
- Nadimi, H (1996), *Conceptualizing a framework for integrity in architectural education: with some references to Iran*, PhD Thesis in the Institute of the advanced architectural studies, University of York.
- NERVI, L (1956), *Academic training of the designer*, in Structures. F.W. Dodge Corp, Chicago, 1956, pp. 11-24.
- Peters, B., & Whitehead, H. (2008). Geometry, form and complexity. In *Space craft: Developments in architectural computing* (pp. 20-33): RIBA Publishing.
- Peters, B., & Whitehead, H. (2008). Geometry, form and complexity. In *Space craft: Developments in architectural computing* (pp. 20-33): RIBA Publishing.
- Piaget J (1953) The origin of intelligence in the child new fetter lane. Routledge & Kegan Paul, New York.
- Piaget J (1967) The psychology of intelligence. Routledge & Kegan Paul, London.
- Pintrich, P. R. (2002). The Role of Metacognitive Knowledge in Learning, Teaching, and Assessing., *Theory Into Practice, Volume 41, 2002 - Issue 4: Revising Bloom's Taxonomy.*
- Polónyi, S. (1985). The Concept of Science, Structural Design, Architecture. Daidalos 18: 33–45.
- Polónyi, S. (1985). The Concept of Science, Structural Design, Architecture. Daidalos 18: 33–45.
- Postman, N. & Weingardner, C. (1972). Teaching as a Subversive Activity. Harmondsworth: Penguin Book Ltd.
- Salvadori, M. (1974). Teaching Structures to Architects. *Journal of Architectural Education, 13*(1).
- Sandaker, B. N., Eggen, A. P., & Cruvellier, M. R. (2011). *The Structural Basis of Architecture* (Vol. second), Routledge, London.
- Sandaker, B. N., Eggen, A. P., & Cruvellier, M. R. (2011). *The Structural Basis of Arch itectu re* (Vol. second): Routledge.
- Simon, H. A (1996). *The Sciences of the Artificial (3rd Ed.).* Cambridge, The MIT Press.
- Tang, H. H. and Tsai, L.-H. (2005), Visual reasoning in the design process, International Workshop on Understanding Designers'05, University of Provence, Aix-en-Provence, France, pp. 119-127.
- Van Mele, T., Lachauer, L., Rippmann, M., & Block, P. (2012). Geometry-based understanding of structures. *Journal of the international association for shell and spatial structures, 53*(4), 285-295.

نسخه پیش انتشار

- Vassigh, S (2005), A Comprehensive Approach to Teaching Structures Using Multimedia, *university at buffalo/suny, AIA report on university,* pp 133-145.
- versky, B. (1999), What does drawing revealing about thinking? In Gero, J.S., and Tversky, B. (eds), Visual and Spatial Reasoning in Design, Key Center of Design Computing and Cognition, Sydney, Australia. pp, 93-101.
- Vrontissi, M. (2015). *The physical model in structural studies within architecture education: paradigms of an analytic rationale?* Paper presented at the Proceedings of IASS Annual Symposia.
- Vrontissi, M. (2018). *The Physical Model as Means of Projective Inquiry in Structural*, PhD dissertation at ETH Zurich university, Zurich.
- Zhang J (1997) The nature of external representations in problem solving. Cognit Sci 21(2):179–217
-*Van Mele, T. et al. (2012)."Geometry-based understanding of structures, Journal of the international association for shell and spatial structures*.

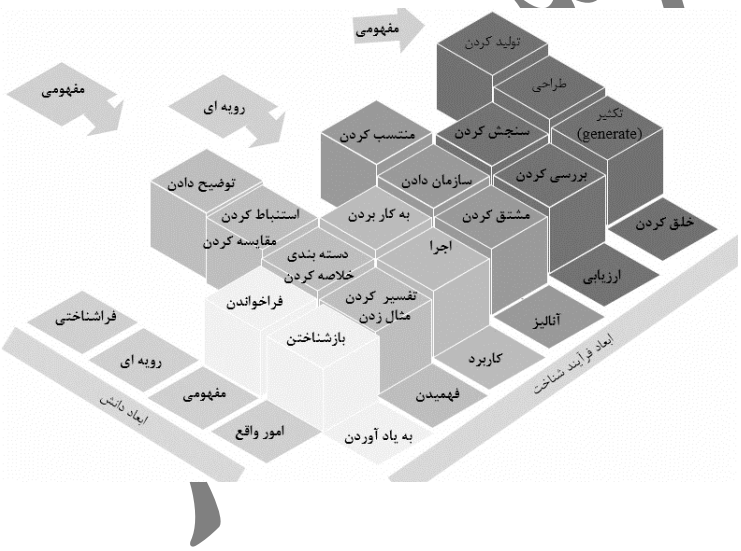
نسخه پیش انتشار

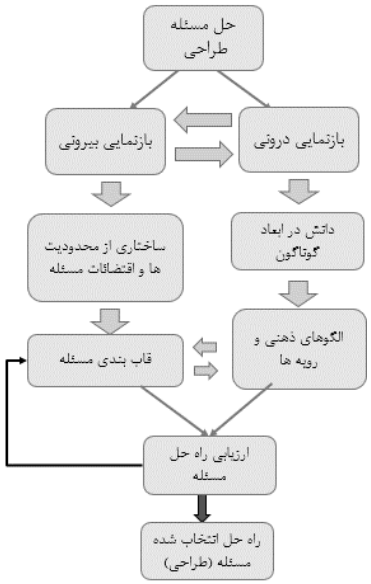
تصاویر و جداول

ت ۱. یادگیری معنادار (ترسیم از نگارندگان) **(بخش سوم مقاله)**

ابعاد دانش				
دانش فراشناختی	دانش رویه ای	دانش مفهومی	دانش امور واقع	محتوای موضوع
• در مورد شناخت به طور کلی و آگاهی عمومی از دانش • دانش متناسب با شرایط و زمینه	• دانش نحوه‌ی انجام کاری • دانش مهارتها، الگوریتم ها، تکنیکها، و روشها، رویه ها	• دانشی پیچیده و سازمان یافته • دانش طبقه بندی ها و تقسیم بندی ها و روابط بین آنها • طرحواره ها ، مدل های ذهنی	• عناصر محتوایی جدا و گسسته از یکدیگر • جزء اطلاعات • دانش بی اثر	• ماده • دانش به اشتراک گذاشته شده

ت ۲. ابعاد دانش از منظر روانشناسی شناختی **(بخش ۳-۲ مقاله)**

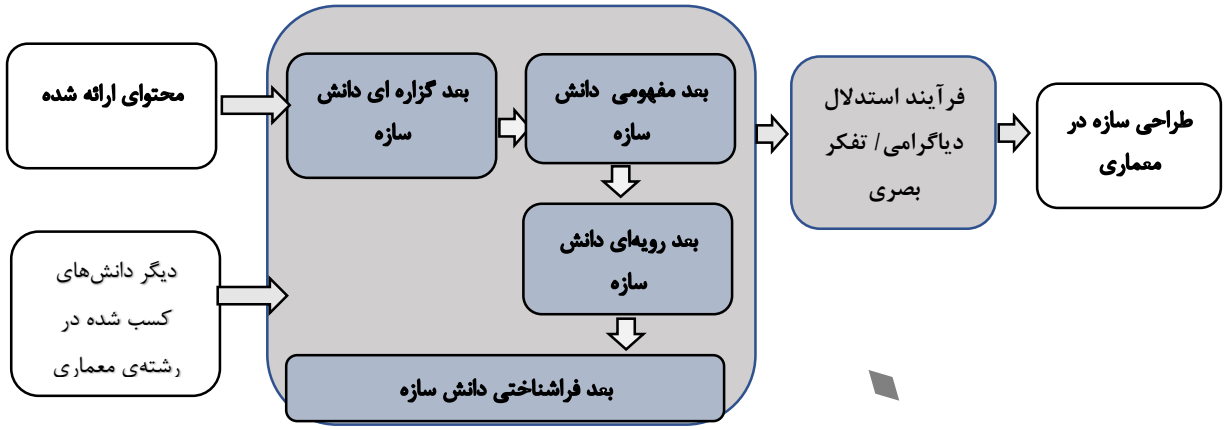


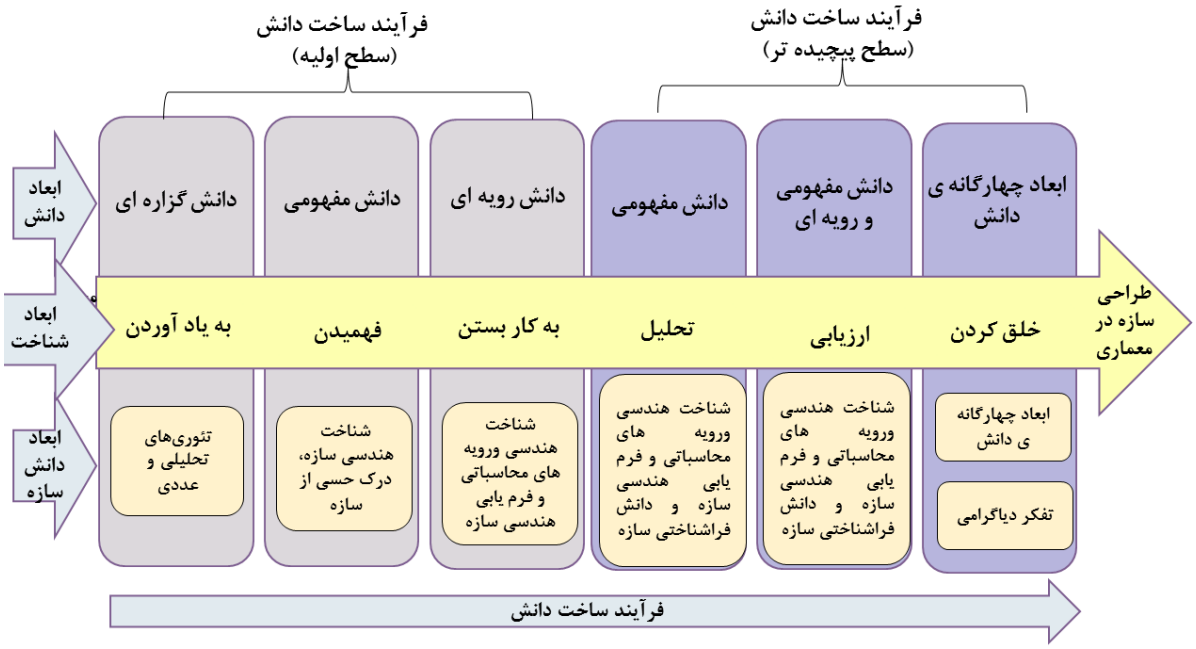


ت ۳ . ماتریس ابعاد فرآیند شناخت و ابعاد دانش (ساخت دانش) ***(بخش ۴ مقاله)***

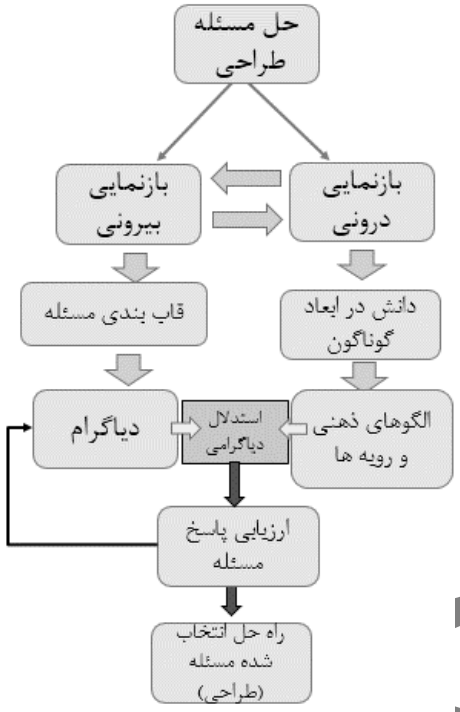
ت ۴. حل مسئله طراحی و نقش بازنمایی ها

طراحی کردن تعامل بین بازنمایی درونی و بیرونی است. .
(ترسیم نگارندگان) **(بخش ۵ مقاله)**





ت۶ . ابعاد دانش و ابعاد فرآیند شناخت سازه (بخش ۶ مقاله)



ت ۷. رابطه‌ی دیاگرام و استدلال دیاگرامی با بازنمایی‌ها - بر اساس نظرات دوروس و پیرس (ترسیم نگارندگان) **(بخش ۷ مقاله)**

ت ۸ و ۹ . از راست، مدلی از قضیه‌ی هوک، مدلی از فرم‌یابی سازه‌ی طاقی شکل کلیسای گوئل از گائودی **(بخش ۷ مقاله)**

نسخه پیش نشار

جدول ۱ . ابعاد فرآیند شناخت (نظریه اهداف آموزشی بلوم) **(بخش ۴ مقاله)**

ابعاد فرآیند شناخت تعاریف(نظریه اهداف آموزشی بلوم)	نام‌ها، تعاریف پیشنهادی (نظریه اهداف آموزشی بلوم)	مفهوم آن برمبنای مرور ادبیات(نگارندگان)
به یاد آوردن(remember): بازیابی دانش مرتبط از حافظه‌ی بلندمدت		
شناسایی (identifying) جایابی دانش در حافظه ی بلند مدت که با محتوای ارائه شده متناسب است. / بازیابی (retriving) بازیابی دانش مربوطه از حافظه ی بلند مدت		زمانی که محتوای ارائه شده به ذهن سپرده شود قابل یادآوری و بازیابی می‌گردد این طبقه بیشتر مبتنی بر دانش گزاره‌ای است.
فهمیدن (Understand) ساخت معنا از پیام های تدریس شده شامل نوشته، و ارائه های گرافیکی		
- تفسیر کردن: از یک فرم ارائه شده به فرم‌های دیگر در بیاید./ - مثال زدن:. نمونه‌ی بخصوصی برای یک مفهوم یا اصل اساسی آورده می‌شود/ - دسته‌بندی کردن: کشف ویژگی‌ها یا الگوهای مربوط به هم که از لحاظ الگو یا مفهوم خاصی با هم "تناسب" دارند./ - خلاصه کردن: موضوع کلی را انتزاع و چکیده می‌نماید. / استنباط کردن: پیدا کردن الگوهای مشابه درون یک سری از مثال‌ها یا نمونه‌ها./ مقایسه کردن: کشف رابطه‌ی میان دو ایده یا چیز و غیره./ توضیح دادن: ساخت مدل علت و معلولی از یک سیستم.		زمانی که دانش جدید با دانش موجود، ارتباط برقرار می‌کند، دانش وارد شده با اسکیمای موجود و چارچوب های شناختی یکی می‌شود، فهمیدن اتفاق می‌افتد. دانش مفهومی[1] بنیانی برای فهمیدن فراهم می‌کند. فهمیدن نقطه‌ی شروع در انتقال یادگیری و یادگیری معنادار است.
کاربرد(Apply) استفاده کردن از یک رویه در موقعیت جدید		
اجرا کردن: به کار بردن در یک موقعیت آشنا پیاده سازی: به کاربردن در یک موقعیت نا آشنا		پیوند بیشتری با دانش‌های رویه‌ای دارد. اجرا کردن یا عمل کردن طبق الگوریتم‌ها و رویه های از پیش تعیین شده است.. کاربست، در مواجهه با مسائل نا آشنا با ساختار مبهم است که به فهمیدن نیاز دارد (*Anderson and Krathwohl, 2009, 76-78*).
تحلیل کردن (Analyze) : شکستن به اجزا و تعیین اینکه چگونه اجزا به یکدیگر مرتبط شوند به یک ساختار یا هدف کلی برسند		
مشتق کردن *(differentiating)*: یادگیری برای تعیین قطعات مهم یا مرتبط یک پیام / سازمان‌دهی کردن *(organizing)*: روش‌هایی که قطعات یک پیا م سازماندهی می‌شوند/ نسبت دادن *(attributing)*: استنباط هدف اصلی پیام		یادگیری برای تحلیل کردن، به خودی خود به عنوان یک هدف است ، از نظر آموزشی تحلیل‌کردن به عنوان امتداد فهمیدن یا به عنوان یک پیش‌درآمد برای ارزیابی یا خلق کردن است. مقوله‌های فرآیند فهمیدن، تحلیل و ارزیابی با هم مرتبط هستند و اغلب به طور تکراری در انجام کارهای شناختی استفاده می شود. (*Anderson and Krathwohl, 2009, 80-83*)
ارزیابی کردن (Evaluate) : قضاوت کردن بر اساس معیار و استاندار ها		
چک کردن: (قضاوت در مورد تداوم درونی) / سنجش کردن: (قضاوت کردن در مورد معیارهای بیرونی)		معیارهای ارزیابی اغلب کیفیت، موثر بودن، بهینه بودن و تداوم است. استانداردها می‌توانند کمی یا کیفی باشند. استانداردها برای رسیدن به معیارها کاربرد دارند.
خلق کردن (create): قراردادن عناصر کناریکدیگر برای فرم دادن به یک کلیت یا عملکرد کلی که عناصر در یک الگو یا ساختار جدید درک شود		
ز ایش: بازنمایی مسئله و رسیدن به گزینه ها یا فرضیه هایی است که معیارهای خاصی را برآورده می کنند . / برنامه ریزی (طراحی): ابداع روش حل متناسب با معیارهای یک مسئله است./ تولید کردن(ساختن): انجام برنامه ای برای حل یک مسئله معین است به صورتی که ویژگی-های خاص آن محصول کاملا عینی گردد.		در خلق کردن تمامی فعالیت‌های شناختی و ابعاد دانشی حضور دارند. پروسه ی خلق کردن در اصل در گرو تجربیات یادگیری قبلی دانشجویان است. هرچند خلق کردن نیاز به تفکر خلاق دارد. (*Anderson and Krathwohl, 2009, 85*)