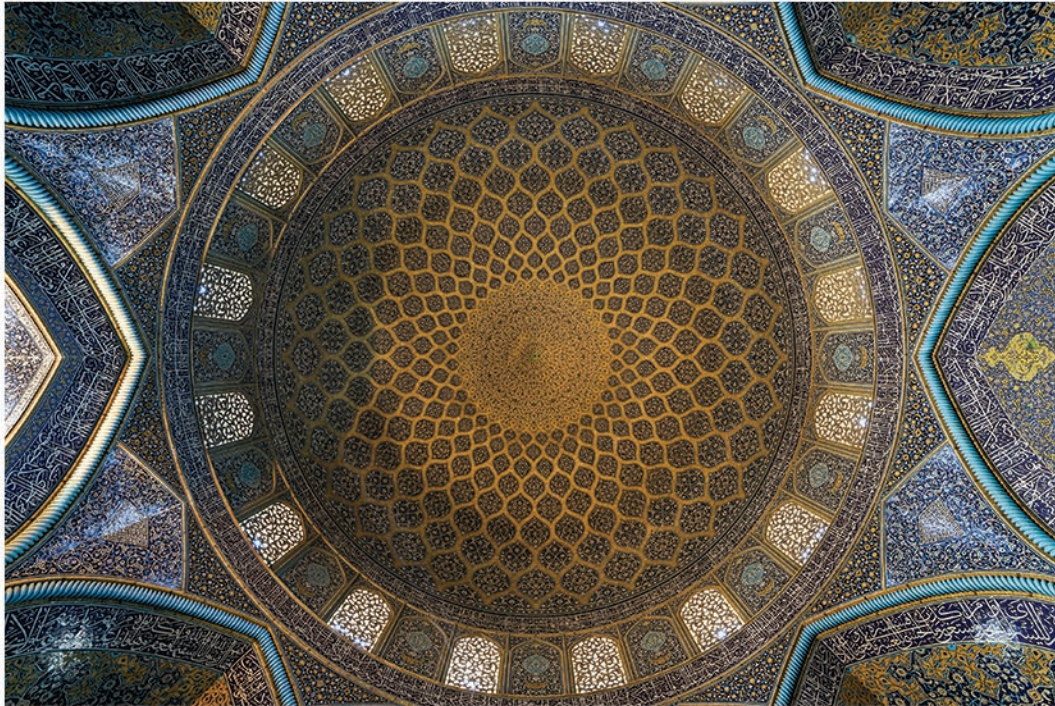


مطالعات معماری ایران ۱۱

دوفصلنامه علمی پژوهشی دانشکده معماری و هنر، دانشگاه کاشان

سال ششم، شماره ۱۱، بهار و تابستان ۱۳۹۶



◆ مطالعه کارکرد سازه آبی حصار سوم محوطه باستانی چغازنبیل با مطالعه میدانی و مدلسازی هیدرولیکی - هیدرولوژیکی

● پرتانی، حیدری

◆ بازخوانی «الگوی فضای میانی» در معماری ایران زمین

● رنجبر کرمانی، ملکی

◆ عوامل کالبدی موثر بر ادراک تراکم در محیط های مسکونی

● پوردیهیمی، مدنی، موسوی نیا

◆ تأملی در مفهوم و ارزش خلاقیت: ارزش خلاقانه معماری مبتنی بر الگو

● ممتحن، حجت، ناری قمی

◆ آفرینش معماری به روش قیاس با طبیعت

● فیضی، علیپور، محمد مرادی

◆ گونه شناسی تحلیلی مساجد حوزه فرهنگی کردستان ایران

● خادمزاده، معماریان، صلواتی

◆ صورت ایوان در معماری ایرانی، از آغاز تا سده های نخستین اسلامی

● رضائی نیا

◆ تحلیل اصول فضایی و الگو گزینی بهینه در معماری الگو گرای معاصر ایران، بررسی ساختمان میراث فرهنگی کشور

● حمزه نژاد، رادمهر

◆ حفاظت معماری و نسبت آن با تاریخ معماری، با نگاه به تجربه حفاظت در ایران

● نیک زاد، ابونی

◆ گونه شناسی مساجد بلوچستان ایران، از دوره قاجاریه تا معاصر

● پاسیان خمیری، رجبعلی، رونده

◆ یادداشت فنی: سرمایه های اجتماعی در حفاظت شهری شهر تاریخی نراق

● مرادی نراقی

مطالعات علمی و پژوهشی دانشکده معماری و هنر، دانشگاه کاشان

دوفصلنامه علمی پژوهشی دانشکده معماری و هنر، دانشگاه کاشان

دوران این شماره:
دکتر اصغر محمد مرادی
دکتر بهزاد مفیدی
دکتر حسین سرحدی دادیان
دکتر حمیدرضا جیحانی
م. ذات‌الله نیک‌زاد
دکتر رضا نوری شادمهانی
دکتر سلمان نقره‌کار
دکتر علی عمرانی‌پور
دکتر علی غفاری
دکتر علی محمد رنجبر کرمانی
دکتر فاطمه گل‌دار
دکتر کیوان جورابچی
دکتر محمدمهدی عبدالله‌زاده
دکتر محمدرضا رحیم‌زاده
دکتر محمدرضا هل‌فروش
دکتر مرجان نعمتی‌مهر
دکتر مهدی حمزه‌نژاد
دکتر هادی پندار
دکتر وحید صدرام
دکتر یعقوب محمدی‌فر

سال ششم، شماره ۱۱، بهار و تابستان ۱۳۹۶
صاحب امتیاز: دانشگاه کاشان
مدیر مسئول: دکتر علی عمرانی‌پور
سرمدیر: دکتر غلامحسین معماریان
مدیر داخلی: دکتر بابک عالمی

هیئت تحریریه (به‌ترتیب الفبایی):
دکتر ایرج اعتصام، استاد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
دکتر مجتبی انصاری، دانشیار دانشگاه تربیت مدرس
دکتر امیرحسین چیت‌سازیان، دانشیار دانشگاه کاشان
دکتر پیروز حناچی، استاد دانشگاه تهران
دکتر شاهین حیدری، استاد دانشگاه تهران
دکتر ابوالقاسم دادور، استاد دانشگاه الزهرا (س)
دکتر حسین زمرشیدی، استاد دانشگاه شهید رجایی
دکتر علی عمرانی‌پور، استادیار دانشگاه کاشان
دکتر حسین کلانتری خلیل‌آباد، دانشیار جهاد دانشگاهی
دکتر اصغر محمد مرادی، استاد دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر غلامحسین معماریان، استاد دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر محسن نیازی، استاد دانشگاه کاشان

درجه علمی پژوهشی دوفصلنامه مطالعات معماری ایران طی نامه شماره ۱۶۱۶۷۶ مورخ ۱۳۹۰/۰۸/۲۱ دبیرخانه کمیسیون نشریات علمی کشور، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ابلاغ گردیده است.

پروانه انتشار این نشریه به شماره ۹۰/۲۳۰۳۰ مورخ ۹۱/۹/۷ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی صادر شده است.

این نشریه حاصل همکاری مشترک علمی دانشگاه کاشان با دانشکده معماری دانشگاه تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشگاه الزهرا (س)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه شهید رجایی و پژوهشکده فرهنگ، هنر و معماری جهاد دانشگاهی است. نشریه مطالعات معماری ایران در پایگاه استنادی علوم کشورهای اسلامی (ISC)، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)، پایگاه مجلات تخصصی نور (noormags.ir)، پرتال جامع علوم انسانی (ensani.ir) و بانک اطلاعات نشریات کشور (magiran.com) نمایه می‌شود. تصاویر بدون استناد در هر مقاله، متعلق به نویسنده آن مقاله است. (نسخه الکترونیکی مقاله‌های این مجله، با تصاویر رنگی در تارنمای نشریه قابل دریافت است.)

عکس روی جلد: محمد موحدنژاد
(گنبد مسجد شیخ لطف الله، اصفهان)
دورنگار: ۰۳۱-۵۵۹۱۳۱۳۲
نشانی دفتر نشریه: کاشان، دانشکده معماری و هنر، کدپستی: ۸۷۳۱۷-۵۳۱۵۳
پایگاه اینترنتی: jias.kashanu.ac.ir

کارشناس اجرایی: مهندس افسانه آخوندزاده
ویراستار ادبی فارسی: معصومه عدالت‌پور
ویراستار انگلیسی: مهندس غزل نفیسه‌تابنده
نشانی دفتر نشریه: کاشان، بلوار قطب راوندی، دانشگاه کاشان، دانشکده معماری و هنر، کدپستی: ۸۷۳۱۷-۵۳۱۵۳
رایانامه: j.ir.arch.s@gmail.com

شاپا: ۰۶۳۵-۲۲۵۲
بهاء: ۱۰۰۰۰۰ ریال



فهرست

- ۵ مطالعه کارکرد سازه آبی حصار سوم محوطه باستانی چغازنبیل با مطالعه میدانی و مدل‌سازی هیدرولیکی-هیدرولوژیکی
صادق پرتانی / وحید حیدری
- ۲۳ بازخوانی «الگوی فضای میانی» در معماری ایران زمین
علی محمد رنجبر کرمانی / امیر ملکی
- ۴۳ عوامل کالبدی مؤثر بر ادراک تراکم در محیط‌های مسکونی؛ نمونه موردی: محلات مسکونی شهر مشهد
شهرام پوردیپهیمی / رامین مدنی / سیده فاطمه موسوی‌نیا
- ۶۳ تأملی در مفهوم و ارزش خلاقیت: ارزش خلاقانه معماری مبتنی بر الگو (مقایسه چارچوب ارزشی سنتی، معاصر و اسلامی)
مهدی ممتحن / عیسی حجت / مسعود ناری قمی
- ۸۵ آفرینش معماری به روش قیاس با طبیعت
محسن فیضی / لیلا علیپور / اصغر محمدمرادی
- ۱۰۳ گونه‌شناسی تحلیلی مساجد تاریخی حوزه فرهنگی کردستان ایران
محمدحسن خادمزاده / غلامحسین معاریان / کامیار صلواتی
- ۱۲۵ صورت ایوان در معماری ایرانی، از آغاز تا سده‌های نخستین اسلامی
عباسعلی رضائی‌نیا
- ۱۴۵ تحلیل اصول فضایی و الگوگزینی بهینه در معماری الگوگرایی معاصر ایران، بررسی موردی: سازمان میراث فرهنگی کشور، حسین امانت
مهدی حمزه‌نژاد / مهسا رادمهر
- ۱۶۹ حفاظت معماری و نسبت آن با تاریخ معماری، با نگاه به تجربه حفاظت در ایران
رضا ابویی / ذات‌الله نیک‌زاد
- ۱۸۹ گونه‌شناسی مساجد بلوچستان ایران، از دوره قاجاریه تا معاصر
رضا پاسیان خمیری / حسن رجبعلی / محمدرضا رونده
- ۲۰۷ یادداشت فنی: سرمایه‌های اجتماعی در حفاظت شهری شهر تاریخی نراق
راهنمای تدوین و ارسال مقاله
- ۲۱۱ بخش انگلیسی

آفرینش معماری به روش قیاس با طبیعت

محسن فیضی*

لیلا علیپور**

اصغر محمدمرادی***

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۸

چکیده

آفرینش اثر معماری با الهام از طبیعت، یکی از روش‌های مرسوم در طراحی معماری است، اما وجوه متفاوت برداشت از طبیعت در طراحی معماری چندان شناخته‌شده نیست. در زمینه ارتباط روش الهام از طبیعت با سبک‌ها و روش‌های مختلف آفرینش معماری، همچنین شیوه صحیح الهام از طبیعت، پژوهش‌ها اندک است. در این پژوهش، در مرحله اول، انواع روش‌های آفرینش معماری و ارتباط آن‌ها با الهام از طبیعت تحلیل شده و روش قیاس معرفی می‌گردد. انواع الگوهای موجود در طبیعت شناخته می‌شود و براساس آن، رویکردهای مختلف روش قیاس با طبیعت در معماری دسته‌بندی می‌گردد. در مرحله دوم، برای تحلیل عملکرد دانشجویان در قیاس با طبیعت مطالعه تجربی، به صورت اسکیس در بین دانشجویان کارشناسی معماری انجام می‌گیرد. ایده‌های ترسیم‌شده دانشجویان از نظر نوع قیاس، دسته‌بندی می‌شود. یافته‌ها نشان می‌دهد روش قیاس یکی از روش‌های مهم در بین سایر روش‌های آفرینش معماری است. الگوهای طبیعت دارای ویژگی‌های فرمی، ویژگی‌های ساختاری عملکردی و ویژگی‌های مفهومی است و سه رویکرد قیاس سطحی، قیاس ساختاری و استعاره در برداشت از این ویژگی‌ها وجود دارد. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد که اهداف دانشجویان از انتخاب پدیده‌های طبیعی به عنوان منبع الهام شامل عملکرد، فرم، سمبلیسم، زیبایی، بداعت، فرایند، طبیعت و اقلیم است و فرم بیشترین فراوانی را در بین سایر اهداف دارد. دانشجویان از قیاس مفهومی استفاده نکرده و از قیاس سطحی بیشتر از قیاس ساختاری استفاده می‌کنند. توجه فراوان دانشجویان به ویژگی‌های فرمی و برداشت سطحی ضرورت آشنا نمودن دانشجویان با شیوه صحیح قیاس در آموزش معماری را نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها:

الگوهای طبیعت، روش‌های طراحی معماری، قیاس سطحی، قیاس ساختاری، هدف طراح.

* استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران

** دانشجوی دکتری معماری دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، نویسنده مسئول، leilaalipour@arch.iust.ac.ir

*** استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران

پرسش‌های پژوهش

۱. جایگاه الهام از طبیعت در بین انواع روش‌های آفرینش در معماری چیست؟
۲. چگونه می‌توان از ویژگی‌های طبیعت در طراحی معماری برداشت نمود؟
۳. چگونه می‌توان رویکرد طبیعت‌گرایی طراحان را ارزیابی کرد؟

مقدمه

طبیعت یکی از منابع اصلی الهام در طراحی و معماری است. بسیاری از معماران تلاش می‌کنند که از الگوهای موجود در طبیعت برای طراحی خویش بهره‌جویند. انواع روش‌ها و سبک‌های آفرینش معماری وجود دارد که بر پایه الهام از ویژگی‌های طبیعت شکل گرفته‌اند؛ برای مثال می‌توان معماری ارگانیک، معماری سبز و معماری فراکتال را جلوه‌های متفاوتی از توجه به طبیعت در معماری دانست. اما تفاوت بین سبک‌های مختلف از نظر ویژگی برداشت‌شده از طبیعت و روش این برداشت در چیست؟ مطالعه موضوع روش الهام از طبیعت در طراحی معماری نشان می‌دهد بیشتر مطالعات صورت‌گرفته به معرفی نمونه‌آثار معماری برداشت‌شده از طبیعت پرداخته‌اند و کمتر جنبه‌های مختلف این موضوع به‌صورت علمی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این پژوهش، به‌جای تکرار و بررسی نمونه‌های موجود برداشت از طبیعت، تلاش می‌شود جایگاه روش الهام از طبیعت در بین سایر روش‌های آفرینش معماری شناخته شود و درک ساختارمندی از ویژگی‌های قابل برداشت از طبیعت به‌وجود آید. برای شناخت جایگاه روش الهام از طبیعت در بین انواع روش‌های آفرینش در معماری و شناخت روش قیاس و انواع رویکردهای آن به کمک ادبیات موضوع و به روش توصیفی تحلیلی، دیدگاه‌های مختلف دسته‌بندی و تحلیل می‌شوند. برای شناخت شیوه بهره‌گیری از ویژگی‌های طبیعت در طراحی معماری به کمک ادبیات موضوع، انواع ویژگی‌ها و الگوها معرفی و دسته‌بندی می‌شوند و چارچوب نظری مبتنی بر دسته‌بندی روش‌های بهره‌گیری از طبیعت در طراحی معماری تدوین می‌شود. بعد از شناخت جنبه‌های مختلف، باید مشخص نمود آیا آموزش معماری دانشجویان را برای الهام مناسب از طبیعت آماده می‌کند؟ بنابراین ابتدا روش ارزیابی برای تحلیل نحوه عملکرد دانشجویان معماری در ارتباط با قیاس با طبیعت تدوین می‌شود، سپس برای شناخت هدف دانشجویان معماری از انتخاب منبع و رویکرد ایشان در برداشت از منبع، مطالعه تجربی صورت می‌گیرد، اهداف دانشجویان بررسی می‌شود و روش پیشنهادی در ارزیابی نوع قیاس به‌صورت تجربی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱. روش‌های آفرینش در معماری

روش‌های متنوعی توسط محققان مختلف برای آفرینش در معماری معرفی شده است. برادبنت چهار طریق برای تولید فرم معرفی می‌کند که شامل عملگرا^۱، عرفی^۲، قیاسی^۳ و قاعده‌مند^۴ است (Broadbent 1973). لاوسون^۵ با استناد به این چهار روش، روش روایتی را به‌عنوان روش پنجم معرفی می‌کند (لاوسون ۱۳۸۸، ۲۴۷). طراحی عملگرا مانند انتخاب از یک کاتالوگ، بدون نوآوری، سنتی، محافظه‌کارانه و بدون شکست است. روش عرفی شروع از راه‌حل‌های موجود با تعدیل در جهت پاسخگویی به شرایط جدید و مورد استفاده خانه‌سازان بسازبفروش است. روش قیاسی استفاده طراح از قیاس با عرصه‌ها و زمینه‌های دیگر مانند نظم ارگانیک و تناسبات بدن انسان است. روش قاعده‌مند استفاده از قواعد مانند هندسه مدولار است. در روش روایتی، طراح داستانی را روایت می‌کند که می‌تواند ویژگی‌های اصلی طرح را به یکدیگر ارتباط دهد (همان‌جا).

آنتونیادس^۶ سه شیوه مختلف تولید فرم را شیوه سنتی، اقتباس و ساختار شکنی می‌داند (آنتونیادس ۱۳۸۱، ۱۱۸). در شیوه سنتی، انطباق مرحله‌به‌مرحله با محدودیت‌های خارجی و عوامل داخلی صورت می‌گیرد و احتمال وقوع نتایج بصری بدیع را محدود می‌کند. در شیوه دوم اقتباس از نقاشی، مجسمه‌سازی و اشیاء صورت می‌گیرد. در ساختار شکنی، حجم اولیه از هم گسسته و ترکیبی نو آفریده می‌شود (همان‌جا). یورماکا و همکاران دسته‌بندی جامع‌تری از روش‌های آفرینش فرم در معماری ارائه می‌دهند (Jormakka et al. 2008). وی هفت روش اصلی بهره‌گیری را معرفی می‌کند

که عبارت‌اند از: ۱. طبیعت و هندسه؛ ۲. موسیقی و ریاضیات؛ ۳. تصادف و ناخودآگاه؛ ۴. خردگرایانه؛ ۵. پیشینه؛ ۶. پاسخ به بستر؛ ۷. فرایندهای تولیدگر. آن‌ها روش بهره‌گیری از طبیعت و هندسه را شامل دو روش بیومورفیک^۷ و مربع‌بندی مثلث‌بندی^۸ می‌دانند (Jormakka et al. 2008, 9).

صاحب‌نظران با دیدگاه‌ها و نقطه‌نظرات متفاوت، دسته‌بندی‌های متفاوتی از همه روش‌های تولید فرم در معماری ارائه کرده‌اند. برخی از روش‌های یادشده با یکدیگر شباهت دارند و در یک دسته قرار می‌گیرند. تمام روش‌هایی که به در نظر گرفتن عوامل مؤثر و مبتنی بر برنامه طرح در یک فرایند منطقی تأکید دارند، مانند روش عملگرا (Broad-bent 1973)، روش برنامه‌محور (McGinty 1979) و روش خردگرایانه (Jormakka et al. 2008, 40)، در دسته روش‌های منطقی جای می‌گیرند. برخی از روش‌ها کلی‌تر است و مجموعه‌ای از چند روش جزئی را شامل می‌شود. روش فرم‌گرا به معنی ترکیب‌بندی‌های فرمی با آگاهی از زیبایی‌شناسی عناصر ادراک بصری (مانند چینگ ۱۳۷۰) است. سایر روش‌هایی که جلوه خاصی از زیبایی‌شناسی فرمی مانند تنوع، افقی‌گرایی یا حبابی را در نظر دارد (Jor-makka et al. 2008, 68)، زیرمجموعه روش فرم‌گرا محسوب می‌شوند. دو رویکرد متفاوت درباره جایگاه روش قیاس در بین سایر روش‌ها وجود دارد. صاحب‌نظران رویکرد اول همه روش‌های طراحی را زیرمجموعه روش قیاس می‌دانند. رضایی بیان می‌کند که طراح پدیده‌ای را که مشابه ویژگی‌های مطلوب طرح موردنظر است، به‌عنوان منشأ قیاس انتخاب می‌کند. پدیده مشابه ممکن است سبک یا گونه‌ای از معماری، اشکال هندسی و پدیده‌های طبیعی، آثار آرمانی معماری در ذهن طراح و حتی همه عوامل عینی و ذهنی تأثیرگذار باشد (رضایی ۱۳۹۳، ۱۹۷). رویکرد دوم بین منابع الهام درونی و بیرونی تمایز قائل می‌شود و روش‌های طراحی را در دو دسته دارای منبع بیرونی (مانند بستر، نمونه مشابه و طبیعت) و بدون منبع بیرونی دسته‌بندی می‌کند. در این پژوهش، با توجه به تعریف ارائه‌شده از روش قیاس (طراحی براساس قیاس با پدیده‌های دیگر (Broadbent 1973) و مبتنی بر رویکرد دوم، روش‌های با منشأ منبع بیرونی (مانند طبیعت، هندسه، موسیقی، ریاضیات، نمونه مشابه، نقاشی و...) در دسته روش قیاس قرار می‌گیرند.

۲. روش قیاس

در قیاس، طراح به پدیده‌های پیرامون می‌نگرد، از یک پدیده درون یا خارج از قلمرو معماری استفاده می‌کند، به شناسایی روابط بین اجزای آن می‌پردازد، تلاش می‌کند نکته‌ای را بیاید که دارای ویژگی‌های موردنظر باشد و سپس از آن الگوبرداری می‌کند (McGinty 1979, 223). بسیاری از صاحب‌نظران اعتقاد دارند که شیوه قیاسی رایج‌ترین شیوه تولید طرح‌واره در معماری است (لاوسون ۱۳۸۸، ۲۴۷؛ آنتونیادس ۱۳۸۱، ۱۱۸). در روان‌شناسی حل مسئله، تفکر بر پایه شباهت و همانندی تدبیری اساسی در حل مسئله دانسته می‌شود (Vosniadou and Ortony 1989, 197). قیاس به معنی انتقال مفاهیم، اصول یا ویژگی‌های منبع به هدف است (Gonçalves, Cardoso, and Badke-2014, 45). قیاس شامل دو مرحله شناسایی و بازیابی، و ترسیم و انتقال است. در مرحله شناسایی و بازیابی، موضوعات شناخته شده و مطابق با مشخصات گوناگون موضوع معین می‌گردند؛ مشخصاتی که خلاصه‌ای از راه‌حل را در خود داشته باشند. این مشخصات باعث اصلاح و بازیابی مسئله در حافظه می‌شوند. در مرحله ترسیم و انتقال بین علت و معلول رابطه برقرار می‌شود (خاکزند و دیگران ۱۳۸۸، ۱۵۶). همچنین قیاس شامل دو مرحله از نمونه به طرح خلاصه‌شده و از طرح خلاصه‌شده به هدف است (Goldschmidt 2001, 215).

نخستین نظریه در ارتباط با برداشت صحیح از منبع در سال ۱۹۸۳، با عنوان تئوری نگاشت ساختاری مطرح می‌شود که به جنبه‌های قیاس ساختاری می‌پردازد. قیاس ساختاری به‌جای انتقال ویژگی اجزا، به انتقال ویژگی ارتباطات و در سطح بالاتر انتقال نظام‌مند ارتباطات خاص می‌پردازد (Gentner 1983, 159). صاحب‌نظران بین دو نوع قیاس سطحی و ساختاری تمایز قائل می‌شوند (Dahl and Moreau 2002, 50; Ozkan and Dogan, 2013, 165; Vosniadou and Ortony 1989, 4). برخی از پژوهشگران، چهار شکل متفاوت برداشت غیرمتعارف^۹، سطحی^{۱۰}، کپی‌برداری^{۱۱} و ساختاری را تفکیک می‌کنند. در برداشت غیرمتعارف، هیچ‌گونه شباهت سطحی و ساختاری بین منبع و طرح دیده نمی‌شود. در برداشت سطحی، منبع و طرح شباهت‌های ظاهری دارند. در کپی‌برداری، بسیاری شباهت

سطحی و ساختاری هم‌زمان دیده می‌شود و در برداشت ساختاری، شباهت‌های ساختاری وجود دارد (Gentner and Markman 1997, 48; Ozkan and Dogan 2013, 165).

برخی محققان به بررسی استفاده از روش قیاس در بین دانشجویان معماری و معماران حرفه‌ای پرداخته‌اند. کازاکین و گلدشمیت نمونه‌هایی در دو دسته نمونه‌های معماری و سایر اشیا و طبیعت در اختیار طراحان قرار دادند و از شرکت کنندگان خواستند سه مسئله معماری را در قالب دستورالعملی مشخص طراحی کنند. یافته‌ها نشان داد استفاده از قیاس بصری بین طراحان مبتدی، تأثیر مثبت داشته و باعث ارتقای کیفیت طراحی شده است (Casakin and Goldschmidt 1999, 173). همچنین نتایج نشان داد که همه گروه‌ها می‌توانند از قیاس ساختاری استفاده کنند (Casakin 2004, 264). گلدشمیت نشان داد در مسئله ساده، استفاده از قیاس، در کیفیت ایده‌پردازی معماران حرفه‌ای تأثیر چندانی نداشته است، اما در دانشجویان تأثیر مثبت داشته است و در حل مسئله مشکل، استفاده از قیاس، در طراحی هر دو گروه تأثیر مثبت داشته است (Goldschmidt 2001, 213). اوزکان و دوگان تفاوت در قیاس در بین دانشجویان و معماران حرفه‌ای را به‌صورت تجربی آزمایش کردند. بدین منظور از طراحان در سطوح مختلف و انواع منابع الهام (معماری، اشیا و فرم‌های طبیعی) استفاده کردند. نوع قیاس (نوع شباهت بین منبع و ایده طراحی) توسط سه داور مجرب در انواع سطحی، ساختاری، کپی‌برداری و بی‌قاعده ارزیابی شد. یافته‌ها نشان داد معماران حرفه‌ای از قیاس ساختاری و دانشجویان سال اول از قیاس سطحی استفاده می‌کنند و دانشجویان سال دوم و چهارم با تکرار ویژگی‌های مصادیق معماری، کپی‌برداری می‌کنند (Ozkan and Dogan 2013, 187).

۳. الگوهای موجود در طبیعت

در طراحی، از وجوه مختلف می‌توان از طبیعت بهره برد؛ این وجوه طیف گسترده‌ای از زیبایی رنگ‌های موجود در گل‌ها تا برداشت از تئوری تکامل را در برمی‌گیرد. افلاطون^{۱۲}، فیثاغورث^{۱۳} و امپیدوکلس^{۱۴} شاید اولین افرادی بودند که تلاش کردند الگوهای موجود در طبیعت را بررسی کنند (خراسانی ۱۳۷۰). الگوهای موجود در طبیعت بی‌جان، مورد توجه علوم ریاضیات، فیزیک و شیمی و الگوهای موجود در پدیده‌های جاندار، مورد توجه علم زیست‌شناسی است. از جمله الگوهای موجود در طبیعت می‌توان به مواردی مانند تقارن، فراکتال‌ها، اسپیرال‌ها، آشوب، امواج، حباب‌ها، موزاییک‌ها، شیارها و راه‌راه‌ها اشاره کرد (Stevens 1974, 3). تقارن در طبیعت در اشکال مختلف دیده می‌شود. جانوران معمولاً تقارن محوری دارند. برخی از گونه‌های گیاهان دارای تقارن پنج‌طرفه و مرکزی هستند و تقارن شش‌طرفه، شعاعی، کروی در سایر شکل‌های طبیعت دیده می‌شود (Stewart 2001, 108). الگوی موجود در درختان، امروزه بیشتر از نظر شکل‌های فراکتال مورد توجه است که خود متشابه هستند و از نظر ریاضیات می‌توانند تا بی‌نهایت ادامه یابند. الگوهای فراکتال به‌صورت تقریبی در پدیده‌های مختلف طبیعی مانند سرخس‌ها، مرجان‌ها، ابرها، شبکه رودخانه‌ها، گسل زمین‌شناسی، کوه‌ها، دانه‌های برف، کریستال‌ها و امواج اقیانوس دیده می‌شوند (Carbone, Gromov, and Prusinkiewicz 2000, 78). اسپیرال‌ها در گیاهان و نرم‌تنان دیده می‌شود. طبیعت از این قانون برای صرف کمترین انرژی و دسترسی به بیشترین منابع استفاده می‌کند (Kappraf 2004, 335). الگوی آشوب در کنار فراکتال‌ها مهم‌ترین الگوهای طبیعی هستند که الگوهای زیگزاگی گرداب‌گونه عناصر طبیعی و خم‌های سینوسی در جریان رودخانه‌ها را شامل می‌شود (Ruelle 1993). امواج انرژی را با خود حمل می‌کنند؛ مانند امواج باد، آب دریا و شکل‌هایی که باد بر روی شن‌های کویر می‌سازد (Stevens 1974, 207). حباب‌ها با شکل‌های کروی، کوچک‌ترین سطح برای حجم مشخص، در کنار یکدیگر الگوی حبابی را ایجاد می‌کنند. سلول‌های زنده نیز از الگوی حبابی تبعیت می‌کنند (Stewart 2001, 49). همچنین الگوهای حاصل از تکرار یک جزء در سراسر سطح، بازشوهای خطی و سطح پوست خال‌دار و راه‌راه سایر الگوهای طبیعت هستند (Stevens 1974, 208).

الگوهای طبیعی ذکر شده دربرگیرنده ویژگی‌های شکلی عناصر طبیعی است. علاوه بر موارد یادشده، بسیاری از طراحان، از ساختارهای عملکردی موجود در طبیعت به‌ویژه در بدن جانداران، زندگی اجتماعی و لانه‌سازی جانوران الهام می‌گیرند (Vincent 2014, 2). مراتب پدیده‌های طبیعت شامل ساختارهای طبیعی غیرزنده، ساختارهای گیاهی و ساختارهای

جانوری است (شرقی و قنبران ۱۳۹۱، ۱۱۱). موضوع علم بیونیک^{۱۵} به کارگیری تکنیک‌ها و ساختارهای موجود جانداران در مهندسی و طراحی برای حل کردن مسائل انسان است (قیابکلو ۱۳۹۲، ۱۸) و اطلاعات قابل‌پردازش موجود در ارگان‌های زنده را به طراحی ترجمه می‌کند^{۱۶} (Iouguina 2013, 17). مفاهیم موجود در طبیعت نیز ممکن است در طراحی مورد استفاده قرار گیرد؛ از جمله ویژگی‌های قابل‌برداشت از طبیعت می‌توان هندسه‌ی طلایی، هماهنگی با اقلیم، چرخه‌ی اصلاح سازه، حفظ هویت در طبیعت، وجود جزئیات در مقیاس مختلف (شرقی و قنبران ۱۳۹۱، ۱۱۲-۱۱۴)، چند عملکردی بودن، طراحی تکاملی، دوام، پایداری، کل‌نگری (Vincent 2014, 10-11; Iouguina 2013, 94)، یکپارچگی، طول عمر محدود، بهینه بودن، تکامل بر اثر آزمون و خطا (Nachtigall and Blüchel 2000) را نام برد. بنابراین ویژگی‌های قابل‌اقتباس از طبیعت در طراحی معماری را می‌توان در سه دسته‌ی ویژگی‌های فرمی، ویژگی‌های ساختاری عملکردی و ویژگی‌های مفهومی دسته‌بندی کرد. ویژگی‌های فرمی مانند تقارن، فراکتال و ویژگی‌های ساختاری مانند ساختارهای طبیعی غیرزنده، ساختارهای گیاهی، ساختارهای جانوری، ساختارهای لانه‌سازی جانوران است. ویژگی‌های مفهومی موجود در طبیعت وسعت زیادی دارد، اما در یک دسته‌بندی کلی می‌توان ویژگی‌های مفهومی را در دو دسته‌ی احساسی و سمبلیک دسته‌بندی کرد.

۴. دسته‌بندی انواع روش‌های قیاس با طبیعت در معماری

استفاده از طبیعت به‌عنوان مرجع قیاس در معماری بسیار رواج دارد (رضایی ۱۳۹۳). روش‌های مختلف قیاس با طبیعت توسط سایر محققان به‌صورت‌های متفاوت دسته‌بندی شده است. قیابکلو روش‌های متمایز بهره‌گیری از طبیعت را تقلید از شکل، تقلید از ماده، تقلید از نحوه‌ی ساخت، تقلید از فرایند، تقلید از عملکرد در سه سطح ساختار و اندام‌های موجود زنده، رفتار انفرادی و اکوسیستم و رفتار گروهی می‌داند (قیابکلو ۱۳۹۲، ۱۸). شرقی و قنبران سه شیوه‌ی الهام از اشکال طبیعت، الهام‌گیری معنایی از طبیعت و الهام از قواعد طبیعت را معرفی می‌کنند (شرقی و قنبران ۱۳۹۱، ۱۱۵). خاکزند و احمدی بیان می‌کنند که شیوه‌ای که به حضور روح طبیعت در معماری منجر شود، بهتر از شیوه‌های فرم‌گرایانه است (خاکزند و احمدی ۱۳۸۶، ۴۷). ناخیتیگال با تأکید بر آموختن از طبیعت به‌جای کپی کردن فرم‌ها بیان می‌کند که فرم خارجی^{۱۷} به‌علاوه‌ی زندگی داخلی^{۱۸} عملکرد را شکل می‌دهند. برداشت فرمی خالص چیزی برای فناوری به همراه ندارد. فرم‌های طبیعت همواره عملکردی هستند و وظیفه‌ای را بر عهده دارند (Nachtigall and Wissler 2014, 2). دو رویکرد استقرایی و استنتاجی در ارتباط با قیاس از طبیعت وجود دارد: رویکرد استنتاجی با یک مسئله‌ی طراحی آغاز شده و طراحان در طبیعت به‌دنبال قیاس مناسب برای پاسخگویی به آن می‌گردند (Iouguina 2013, 16). رویکرد استقرایی با مطالعه‌ی طبیعت و ساختارهای آن آغاز می‌شود و سپس اطلاعات مستندسازی می‌گردد و پاسخ‌های ممکن براساس الگوهای طبیعت تولید می‌شوند تا در آینده در مسائل طراحی به‌کار آیند (Bártolo and Bártolo 2002, 162).

در پژوهش‌های حوزه‌ی قیاس در طراحی، از دو روش قیاس ساختاری (الهام از ساختارها و عملکردهای موجود در طبیعت) و قیاس سطحی (الهام از ویژگی‌های سطحی مانند رنگ‌ها و شکل‌ها) یاد شده است (Dahl and Moreau 2002, 58). برای رسیدن به قیاس ساختاری، باید ارتباطات میان اجزای نمونه (ویژگی‌های ساختاری) را خلاصه کرد و فعالیت انتقال با دگرگونی همراه باشد. تنها انتقال میان اجزا یا روابط اجزا به‌تنهایی کافی نبوده، بلکه باید دگرگونی نیز اتفاق بیفتد. طراح باید تغییراتی را به‌منظور مناسب نمودن با زمینه‌ی وضعیت هدف ایجاد کند (Goldschmidt 2011, 95). ناخیتیگال و همکارانش با تأکید بر اهمیت خلاصه‌کردن عملکردهای موجود در طبیعت، فرایند جست‌وجو، خلاصه کردن، دگرگون کردن و به‌کار بستن را در برداشت از پدیده‌های طبیعی پیشنهاد می‌دهند (Nachtigall and Wissler 2014, 22; Pohl and Nachtigall 2015). بنابراین، قیاس ساختاری به‌معنی خلاصه کردن ویژگی‌های ساختاری، دگرگون نمودن و وفق دادن با نیازهای طرح جدید است. به بیان دیگر، انتقال ویژگی‌های ساختاری منبع الهام به ویژگی‌های ساختاری طرح جدید که همراه با خلاصه کردن، دگرگون کردن و وفق دادن است (نک: تصویر ۱). می‌توان استعاره را نوع دیگری از قیاس دانست که معنی و دیدگاه راجع به مسئله‌ی طراحی ایجاد می‌کند، ولی

ویژگی‌ها را منتقل نمی‌کند (Casakin 2012; Gonçalves et al. 2014, 47). بنابراین، همه روش‌های بهره‌گیری از طبیعت در طراحی را می‌توان در سه دسته خلاصه کرد:

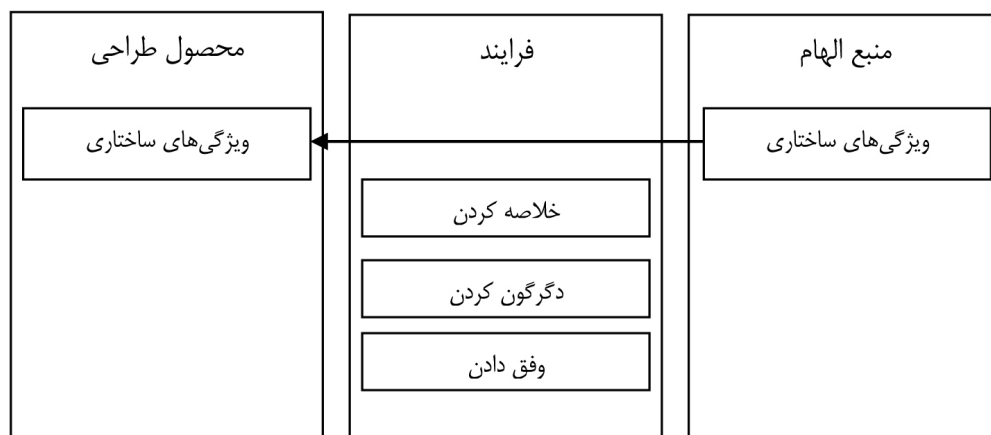
- قیاس سطحی: بهره‌گیری از ویژگی‌های ظاهری و فرمی موجود در پدیده‌های طبیعی؛
- قیاس ساختاری: بهره‌گیری از ویژگی‌های ساختاری و کارکردی موجود در پدیده‌های طبیعی؛
- قیاس مفهومی (استعاره): اشاره غیرمستقیم به مفاهیم موجود در پدیده‌های طبیعی.

براساس این دسته‌بندی (سطحی، ساختاری و مفهومی) می‌توان رویکرد برخورد با طبیعت را با شناسایی نوع شباهت بین پدیده ارزیابی کرد. در جدول ۱، رویکردهای مختلف طراحی معماری که معطوف به قیاس با پدیده‌های طبیعی هستند، به همین روش دسته‌بندی شده است. در این دسته‌بندی، معماری فراکتال، حبابی، چپستان نما، بیومورفیک و زمین‌گونه که به ویژگی‌های ظاهری فرم طبیعی توجه دارند و به مطالعه ساختارها نمی‌پردازند، در دسته قیاس سطحی دسته‌بندی می‌شوند. باتوجه به اینکه طراحی بیونیک به جنبه عملکردی طبیعت توجه دارد و تنها شباهت فرمی را مد نظر ندارد (Nachtigall and Wisser 2014, 9)، در دسته قیاس ساختاری قرار می‌گیرد. معماری ارگانیک و ارگانی تک به دنبال ساختارها و ویژگی‌های کارکردی در طبیعت هستند و تلاش می‌کنند تا از این ساختارهای طبیعی برای حل مسائل طراحی استفاده کنند و در دسته قیاس ساختاری قرار می‌گیرند. با این تعریف، روش‌های زیرمجموعه قیاس ساختاری جامع‌تر و به مراتب مشکل‌تر از روش‌های زیرمجموعه قیاس سطحی است.

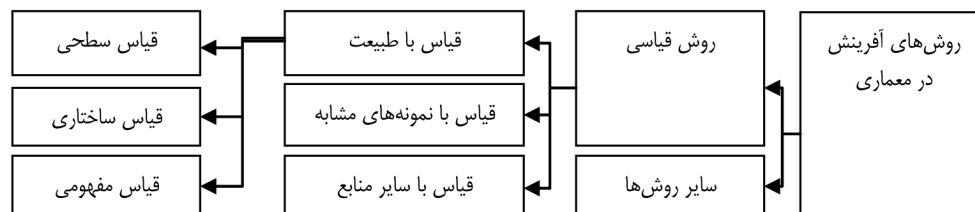
جدول ۱: دسته‌بندی روش‌های مختلف برداشت از طبیعت در معماری براساس نوع قیاس

نوع	سبک	تعریف	مثال معماری
قیاس سطحی	معماری فراکتال ^{۱۹}	استفاده از قانون خودهمانی یا خودتشابهی ریاضی که به‌طور مشخص در هندسه فراکتال دیده می‌شود (Jencks 2003, 235).	میدان فدراسیون شهر ملبورن، اثر ال ای بی استودیو
	معماری حبابی ^{۲۰}	آفرینش فرم‌های حبابی به کمک امکانات رایانه‌ای (Jencks 2003, 235)	مرکز بیمه سوئیس اثر نورمن فاستر
	چپستان‌نما ^{۲۱}	مرجع قیاس طراحی چپستان‌نما فرم ابهام‌آمیز پدیده‌های طبیعی است (Ibid, 207).	موزه بیلباتو اثر فرانک گری
	بیومورفیک	بهره‌گیری انتزاعی از طبیعت (Jormakka et al. 2008, 9)	کازامیلای آنتونی گائودی
قیاس ساختاری	زمین‌گونه ^{۲۲}	بهره بردن از شکل زمین (Jencks 2003, 235)	شهر فرهنگ آیزمن
	روش بیونیک ^{۲۳}	یافتن مدل‌ها و الگوهایی با کارکرد مشابه در طبیعت و الهام از آن (Kowaltowski, Bianchi, and De Paiva 2010, 465)	طراحی مرکز خرید بررسی براساس بدن آرمادیلو
	ارگانیک	واکنش به سایت و محیط پیرامون (Jormakka et al. 2008, 60)	خانه آبشار اثر رایت
قیاس مفهومی	روش ارگانی تک ^{۲۴}	ایجاد معماری زیست‌محیطی به کمک الگوهای طبیعی و فناوری (Jencks 2003, 235)	شهر هنر و علوم کالاتروا
	استعاره	برقراری رابطه انتزاعی غیرمستقیم و موازی بین طرح با پدیده‌ای معین در طبیعت (Kowaltowski et al. 2010, 465)	استعاره از موج آب در اپرای سیدنی اثر یورن اوتزون

در به‌کارگیری شیوه ارزیابی در سه دسته سطحی و ساختاری و مفهومی، باید به این نکته توجه شود که نمی‌توان همواره بین ویژگی‌های ظاهری و ساختار کارکردی پدیده، تفکیک قائل شد. فرم می‌تواند حامل هر دو نوع ویژگی‌های ساختاری و سطحی باشد. چنانچه برخی از پژوهشگران نشان دادند فرم یک استخوان ناشی از شیوه تحمل بار توسط آن عضو است و به همین ترتیب، استفاده از فرم در معماری می‌تواند در خدمت سازه باشد (عالمی و همکاران ۱۳۹۵، ۱۳۶-۱۳۷). بنابراین در این پژوهش، در صورتی که عملکرد ساختاری یک فرم در جهت ایجاد ساختار سازه‌های مورد استفاده قرار گیرد، در دسته شباهت ساختاری قرار می‌گیرد و تنها در صورتی که تکرار فرم صرفاً جنبه سطحی و ظاهری داشته و روابط ساختاری پدیده را شامل نشود، در دسته برداشت سطحی ارزیابی خواهد شد. درباره جایگاه فرم‌های طبیعی، صاحب‌نظران اعتقاد دارند که فرم به‌علاوه زندگی درونی آن، عملکرد را شکل می‌دهند (Nachtigall and Wisser 2014, 9). شباهت فرمی بدون ویژگی‌های عملکردی، برداشت ناموفق از طبیعت است. ویژگی‌های طبیعت باید خلاصه شود و فرم‌ها نباید کپی شوند. ساختارها و عملکردها در فرایند خلاصه کردن و به‌کار گرفتن به فناوری تبدیل می‌شوند و فرم بعد از آن پدیدار می‌شود (Pohl and Nachtigall 2015). بنابراین، برای ارزیابی نوع قیاس باید به این موضوع توجه شود که کدام ویژگی از پدیده طبیعی (ظاهری یا ساختاری) به چه شکل (وفق دادن یا نیازهای مسئله معماری) منتقل می‌شود (تصویر ۱). تصویر ۲ نشان می‌دهد که روش قیاسی زیرمجموعه روش‌های آفرینش در معماری است، قیاس با طبیعت زیرمجموعه روش قیاسی است که می‌تواند سه گونه قیاس سطحی، قیاس ساختاری و مفهومی داشته باشد.



تصویر ۱: نمودار قیاس ساختاری






تصویر ۲: جایگاه انواع قیاس با طبیعت در بین سایر روش‌های آفرینش معماری

۵. روش تحقیق

در این پژوهش، از دو راهبرد کیفی و تجربی استفاده می‌شود. راهبرد تحقیق کیفی به فهم مکان‌ها و پدیده‌ها از دیدگاهی کل‌نگر و همه‌جانبه می‌پردازد و بر شرایط معاصر اتکا دارد (گروت و وانگ ۱۳۸۴، ۱۴). تدابیر تولید معنا در روش کیفی، توصیف و تحلیل و تبیین است. تحقیق تجربی پیوندهای علی میان دو یا چند متغیر را مورد بررسی قرار می‌دهد. با دستکاری یک متغیر در مجموعه‌ای کنترل‌شده، اثر آن بر سایر متغیرها مشاهده و نتایجی از آن استخراج می‌شود (همان، ۹۱). در مرحله اول پژوهش، برای توصیف و تحلیل انواع دیدگاه‌ها، دسته‌بندی آن‌ها، رسیدن به مبانی نظری و استدلال منطقی، رویکرد تحقیق کیفی است.

در مرحله دوم پژوهش، جهت کاربرد روش تدوین‌شده در پژوهش به صورت تجربی (پاسخ به سؤال سوم)، عملکرد یک گروه ۲۷ نفری از دانشجویان سال‌های اول و سوم کارشناسی مطالعه می‌شود. شش تصویر از الگوهای طبیعی در اختیار این افراد قرار می‌گیرد که در تصویر ۳ مشاهده می‌شود. انتخاب این شش نمونه توسط محققان باتوجه به ویژگی‌های ذکرشده در الگوهای طبیعی است.

- نمونه ۱ و ۲: دارای ویژگی‌های فرمی، ساختاری و مفهومی
- نمونه ۳ و ۴: دارای ویژگی‌های فرمی و ساختاری
- نمونه ۵ و ۶: دارای ویژگی‌های فرمی

					
شش - قارچ	پنج - مرجان	چهار - برگ	سه - حلزونی	دو - پرنده	یک - چشم

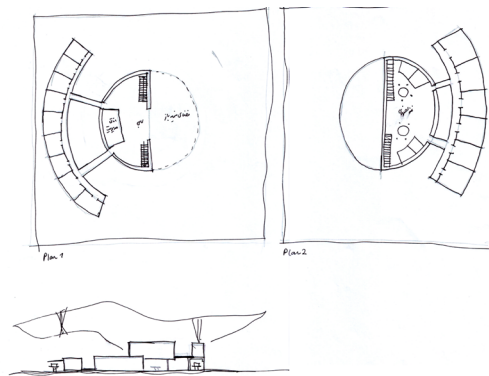
تصویر ۳: تصاویر منابع الهام مورد استفاده

دانشجویان سه وظیفه دارند: ۱. انتخاب منبع الهام از بین این تصاویر؛ ۲. نوشتن دلیل انتخاب منبع؛ ۳. اسکیس یک اقامتگاه بین راهی در مدت ۴۰ دقیقه. دلایل ذکرشده دانشجویان توسط دو نفر از اساتید مجرب معماری، کدگذاری و دسته‌بندی می‌شود. کدگذاری در پژوهش مشابه، عملکرد، فرم، سمبلیسم، زیبایی، بداعت، فرایند طراحی، طبیعت و سازه (Ozkan and Dogan 2013, 170)، مبنای اولیه کدگذاری اهداف دانشجویان قرار می‌گیرد.

برای ارزیابی موفقیت در طراحی به کمک قیاس با طبیعت، اسکیس‌های دانشجویان تحلیل می‌شوند. دو دیدگاه در سنجش قیاس در طراحی در ادبیات موضوع وجود دارد: در دیدگاه اول، ایده طراحی با نمونه مقایسه نمی‌شود و شاخصی مانند میزان پاسخگویی ایده به مسئله طراحی سنجیده می‌شود. محققان در این روش، قیاس را در دو دسته موفق و ناموفق ارزیابی می‌کنند (Casakin, 2004, 2005; Casakin and Goldschmidt, 1999, 158). در دیدگاه دوم، ایده طراحی با نمونه مقایسه می‌شود و نوع شباهت ملاک سنجش موفقیت در قیاس قرار می‌گیرد. دسته‌بندی نوع شباهت در تحقیقات مختلف، متفاوت است. در یک پژوهش، شباهت فیزیکی مستقیم، کپی از نمونه، شباهت بازتولید، استفاده از بخش‌هایی از منبع یا پیکربندی اجزا و شباهت قیاسی، استفاده از اصول موجود در نمونه از یکدیگر تفکیک شدند (Chrysikou and Weisberg, 2003 and 2005, 1137). در پژوهش دیگر، چهار نوع شباهت ساختاری، سطحی، کپی‌برداری و بی‌ارتباط ملاک دسته‌بندی قرار گرفتند (Ozkan and Dogan 2013, 180). در این پژوهش، باتوجه به تعریف ارائه‌شده از سه نوع قیاس سطحی، ساختاری و مفهومی، نوع قیاس برای هر اسکیس توسط دو داور در دسته‌های قیاس مفهومی، ساختاری و سطحی مشخص می‌شود.

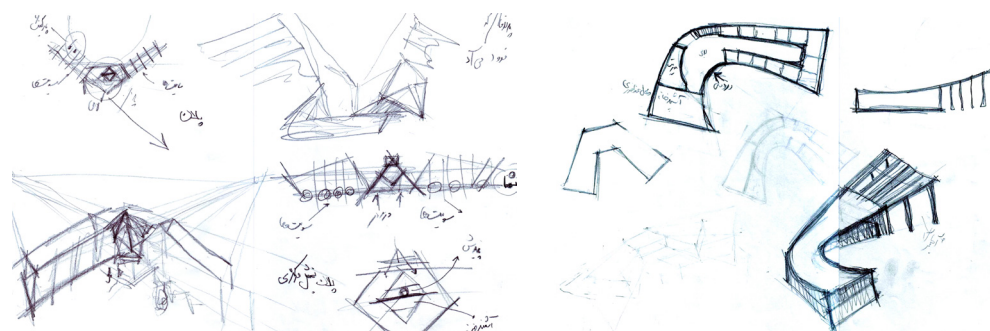
۶. مثال‌هایی از اسکیس‌های انجام‌شده

بیست‌وهفت دانشجوی کارشناسی معماری بعد از انتخاب منبع الهام از بین نمونه‌های موجود در تصویر دو، یک اقامتگاه بین‌راهی را در مدت ۴۰ دقیقه طراحی کردند. در این بخش، برای روشن شدن بحث، مثال‌هایی از طراحی‌هایی که توسط دانشجویان انجام شده، براساس نوع نمونه (نمونه یک تا شش) و نوع قیاس (ساختاری، سطحی و مفهومی) در تصاویر ۴ تا ۱۱ ارائه شده است. در تصویر ۴، دانشجو از منبع الهام شماره یک (چشم انسان) استفاده کرده است. این نمونه قابلیت هر سه نوع برداشت ساختاری، سطحی و مفهومی را دارد. در این اسکیس، به عملکرد اجزای چشم توجه نشده و براساس ویژگی‌های ظاهری و فرمی طراحی شده است. بنابراین، در دسته قیاس سطحی قرار می‌گیرد.



تصویر ۴: قیاس سطحی نمونه یک

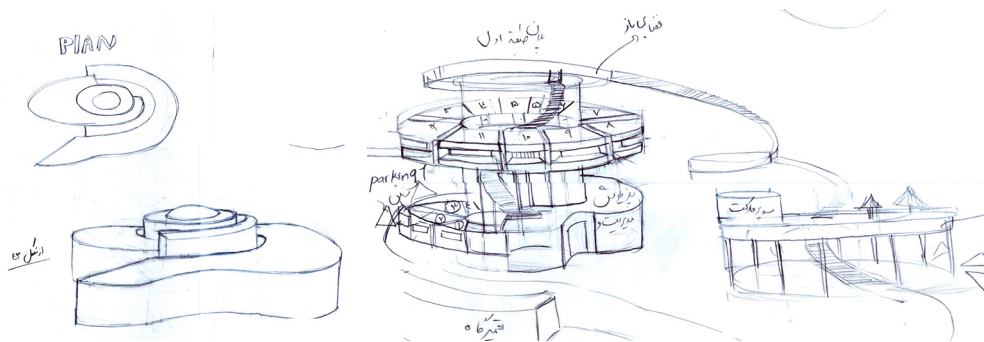
در تصاویر ۵ و ۶، از منبع الهام شماره دو (پرنده) استفاده شده است. این نمونه نیز قابلیت هر سه نوع برداشت ساختاری، سطحی و مفهومی را دارد. در اسکیس تصویر ۵ تلاش شده است تا از ویژگی‌های ساختاری و کارکردی بال‌های پرنده برای ایده طراحی استفاده شود، بنابراین در دسته قیاس ساختاری دسته‌بندی می‌شود. در تصویر ۶ بهره‌گیری از ویژگی‌های ظاهری و فرمی مدنظر قرار گرفته است، بنابراین در دسته قیاس سطحی قرار می‌گیرد.



تصویر ۶: قیاس سطحی نمونه دو

تصویر ۵: قیاس ساختاری نمونه دو

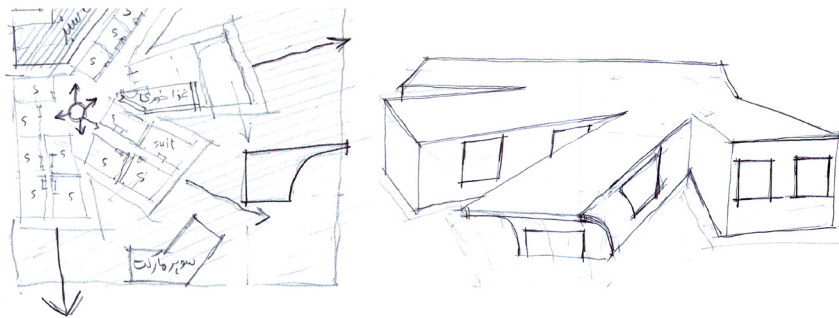
منبع الهام طراحی در تصاویر ۷ و ۸، نمونه شماره سه (فرم حلزونی) است. این نمونه دارای ویژگی‌های ساختاری و فرمی است و می‌تواند به صورت سطحی و ساختاری مورد استفاده قرار گیرد. در تصویر ۸، از ویژگی‌های این نمونه در جهت ایجاد فرم استفاده شده است و در دسته قیاس سطحی قرار می‌گیرد. در تصویر ۷، از ویژگی‌های این الگو در جهت ایجاد ساختار استفاده شده است و در دسته قیاس ساختاری قرار می‌گیرد.



تصویر ۸: قیاس سطحی نمونه سه

تصویر ۷: قیاس ساختاری نمونه سه

منبع الهام طراحی تصویر ۹ نمونه شماره چهار (برگ) است. این نمونه می تواند به صورت قیاس سطحی و ساختاری مورد استفاده قرار گیرد. در این تصویر، از ویژگی ساختاری موجود در برگ به صورت ایجاد سلسله مراتب مورد استفاده قرار گرفته است و در دسته قیاس ساختاری دسته بندی می شود.

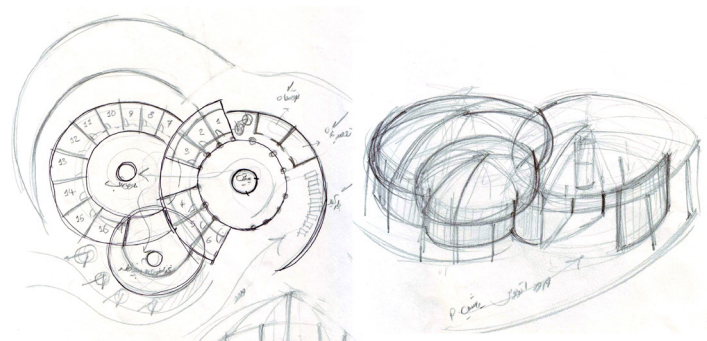


تصویر ۹: قیاس ساختاری نمونه چهار

نمونه های شماره پنج و شش دارای ویژگی های فرمی هستند و پیش بینی شده است که تنها بتوانند به صورت قیاس سطحی مورد استفاده قرار گیرند. در تصویر ۱۰، قیاس سطحی نمونه شش و در تصویر ۱۱، قیاس سطحی نمونه پنج دیده می شود.



تصویر ۱۱: قیاس سطحی نمونه پنج



تصویر ۱۰: قیاس سطحی نمونه شش

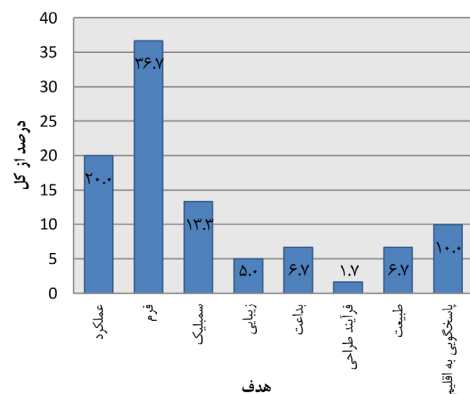
۷. یافته‌ها

در این تحقیق، دلایل ذکرشده توسط دانشجویان برای انتخاب نوع منبع الهام جمع‌آوری شد. این دلایل اهداف دانشجویان را در طراحی نشان می‌دهد که متأثر از آموزش است. آموزش معماری ارزش‌هایی مانند زیبایی، عملکرد و پایداری را برای دانشجویان تعریف می‌کند؛ این ارزش‌ها اهداف دانشجویان را در طراحی شکل می‌دهند. در تحقیق مشابه در حوزه معماری، هشت دسته دلیل عملکرد، فرم، سمبلیسم، زیبایی، بداعت، فرایند طراحی، طبیعت و سازه برای انتخاب منبع الهام کشف شده است (Ozkan and Dogan 2013, 170). در تحقیق حوزه طراحی مهندسی، اهداف طراحان از ارجاع دادن به منابع در دسته‌های تغییر در طراحی، برنامه‌ریزی فرایند طراحی، تخمین هزینه، ارتباط بین ایده‌های خاص، خلق ایده‌های جدید، اثبات ایده‌های طراحی و بررسی راه‌حل دسته‌بندی شده است (Eckert et al. 2005, 5-7). در تحقیق حوزه طراحی صنعتی، انواع دلایل انتخاب منبع الهام در گروه‌های فرم، سمبلیک، ساختار، ویژگی‌های فیزیکی، عملکرد، زیبایی، تجربه و احساسات دسته‌بندی شده است (Chai et al. 2015, 12). در این پژوهش، باتوجه به نتایج تحقیقات مشابه، دلایل دانشجویان از انتخاب منبع الهام توسط دو داور کدگذاری شد و دسته‌های عملکرد، فرم، سمبلیسم، زیبایی، بداعت، فرایند طراحی، طبیعت و اقلیم برای این دلایل کشف شد. در جدول ۲، شیوه کدگذاری دلایل نشان داده شده است.

جدول ۲: کدگذاری دلایل انتخاب نمونه به‌عنوان هدف طراح

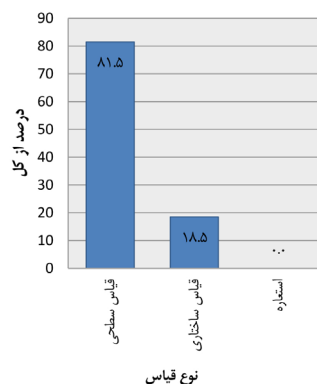
دسته	توضیح
عملکرد	جملاتی که دربردارنده عملکرد و ویژگی‌های فضایی و سیرکولاسیون است.
فرم	جملاتی که به ویژگی‌های فرمی و ترکیب‌بندی حجمی اشاره دارند.
سمبلیسم	جملاتی که به نمادها و نشانه‌ها دلالت دارند.
زیبایی	جملاتی که به زیبایی و مطبوعیت بصری دلالت دارند.
بداعت	جملاتی که به متفاوت بودن، جدید و بدیع بودن دلالت دارند.
فرایند طراحی	جملاتی که نشان می‌دهند انتخاب یک نمونه خاص موجب سهولت فرایند طراحی می‌شود.
طبیعت	طبیعت خود به‌تنهایی ممکن است دلیل انتخاب نمونه باشد.
اقلیم	دلایلی که به راهکارهایی در جهت پاسخگویی به اقلیم اشاره دارند.

مقایسه یافته‌های این پژوهش با تحقیق مشابه نشان می‌دهد که دلایل مربوط به سازه در این تحقیق مشاهده نشده و اقلیم به‌عنوان یک دسته جدید یافت شده است. یافته‌های پژوهش مشابه نشان می‌دهد عملکرد، بیشترین فراوانی را در بین سایر دلایل دارد. هدف نوآوری و زیبایی برای طراحان مبتدی و هدف فرایند طراحی برای طراحان حرفه‌ای اهمیت بیشتری دارد (Ozkan and Dogan 2013, 177). در پژوهش دیگر، طراحان حرفه‌ای به تجربه و زیبایی، دانشجویان سال سوم به سمبلیک و دانشجویان سال اول به عملکرد اشاره کرده‌اند (Chai et al. 2015, 26). یافته‌های تحقیق حاضر نشان می‌دهد هدف فرم (با ۳۶ درصد) بیشترین فراوانی را در بین سایر اهداف دارد. بعد از آن، به ترتیب عملکرد (با ۲۰ درصد)، سمبلیسم (با ۱۳ درصد) و اقلیم (با ۱۰ درصد) بیشترین فراوانی را در بین سایر اهداف دارند. تصویر ۱۲ فراوانی اهداف دانشجویان برای انتخاب منبع الهام در این تحقیق را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد در بین دانشجویان تحقیق حاضر برخلاف تحقیقات مشابه، توجه به ویژگی‌های فرمی اهمیت بیشتری دارد.



تصویر ۱۲: فراوانی اهداف دانشجویان برای انتخاب نمونه براساس درصد از کل

اسکیس‌های طراحی‌شده توسط دو داور با منبع الهام مقایسه شد و براساس تعریف قیاس سطحی و ساختاری و مفهومی دسته‌بندی شدند. نتایج سایر تحقیقات نشان می‌دهد که طراحان مبتدی نیز توانایی برداشت ساختاری و برداشت مفهومی دارند (Casakin, 2012; Casakin 2004, 264) و طراحان مبتدی از قیاس سطحی بیشتر از قیاس ساختاری استفاده می‌کنند (Ozkan and Dogan 2013, 187). یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد هیچ نمونه‌ای از قیاس مفهومی مشاهده نشده است و تنها ۵ مورد (۱۸/۵ درصد) از ایده‌های طراحی براساس قیاس ساختاری شکل گرفته‌اند و بقیه ایده‌ها (۸۱/۵ درصد) در دسته قیاس سطحی جای می‌گیرند. تصویر ۱۳ درصد فراوانی نوع قیاس را نشان می‌دهد.



تصویر ۱۳: فراوانی نوع قیاس براساس درصد از کل

۸. بحث و تحلیل

در مرحله اول پژوهش الگوهای موجود در طبیعت، روش‌های آفرینش معماری و انواع روش‌های قیاس با پدیده‌های طبیعی در معماری، بررسی و تحلیل شد. ویژگی‌های قابل برداشت از طبیعت در طراحی، در سه دسته ویژگی‌های فرمی، ویژگی‌های ساختاری عملکردی و ویژگی‌های مفهومی شناخته شدند و سه رویکرد قیاس سطحی به معنی بهره‌گیری از ویژگی‌های ظاهری و سطحی، قیاس ساختاری به معنی بهره‌گیری از ویژگی‌های ساختاری و کارکردی، و قیاس مفهومی به معنی اشاره غیرمستقیم به مفاهیم موجود در پدیده‌های طبیعی تعریف شد. در مرحله دوم، برای رسیدن به روشی برای سنجش رویکرد طبیعت‌گرایی دانشجویان و کاربرد عملی آن، یک مطالعه تجربی به صورت اسکیس، در بین دانشجویان کارشناسی معماری صورت گرفت و اهداف دانشجویان از انتخاب منبع الهام و نوع قیاس

صورت‌گرفته توسط آنان در طراحی معماری بررسی شد. یافته‌ها نشان داد که دانشجویان از انتخاب پدیده‌های طبیعی به‌عنوان منبع الهام اهدافی مانند عملکرد، فرم، سمبلیسم، زیبایی، بداعت، فرایند طراحی، طبیعت و پاسخگویی به اقلیم دارند و فرم بیشترین فراوانی را در بین سایر اهداف دارد. نوع قیاس صورت‌گرفته توسط دو داور در سه دسته سطحی و ساختاری و مفهومی دسته‌بندی شد. یافته‌ها نشان می‌دهد دانشجویان از قیاس مفهومی استفاده نکرده و از قیاس سطحی بیشتر از قیاس ساختاری استفاده کرده‌اند. این موضوع می‌تواند دلایل متعدد داشته باشد. از آنجا که بیشترین دلیل انتخاب منبع الهام فرم است، می‌تواند نشان‌دهنده توجه دانشجویان به ویژگی‌های ظاهری فرم و افزایش قیاس سطحی باشد. البته با توجه به کوتاه بودن زمان اسکیس ممکن است دانشجویان فرصت کافی برای قیاس ساختاری و مفهومی نداشته‌اند. از طرف دیگر، می‌توان این امر را ناشی از ناتوانی دانشجویان در شناخت ویژگی‌های ساختاری و مفهومی موجود در طبیعت و عدم وجود آموزش مناسب در این خصوص دانست.

طبیعت دارای سه دسته ویژگی‌های فرمی، ساختاری و مفهومی است. با وجود آنکه عملکرد و اقلیم بعد از فرم، دو دلیل مهم برای انتخاب منبع الهام توسط دانشجویان ذکر شده است، دانشجویان توانایی استفاده از ویژگی‌های ساختاری موجود در الگوهای طبیعی در جهت رسیدن به این اهداف را نداشته‌اند. ویژگی‌های سمبلیک موجود در الگوهای طبیعی ۱۳ درصد دلایل انتخاب منبع الهام است (تصویر ۱۱)، اما عدم توانایی دانشجویان در استعاره موجب شده است که به این هدف دست نیابند و نتوانند از ویژگی‌های سمبلیک در طراحی خود بهره‌جویند.

توانایی دانشجویان در موفقیت در قیاس وابسته به آموزش است. بنا به تعریف سازمان یونسکو از آموزش معماری (Unesco/UIA for Architectural Education 2011, 7)، آموزش معماری دارای سه وجه آموزش طراحی، آموزش دانش‌ها و آموزش مهارت‌هاست. آموزش دانش معماری که به مطالعات فرهنگی، اجتماعی، فنی، محیط‌زیستی، دانش طراحی و دانش حرفه معماری مربوط می‌شود، شکل‌دهنده اهدافی است که دانشجویان در طول طراحی خود در نظر می‌گیرند و منابع الهام را انتخاب می‌کنند (Akin 2002, 409). بنابراین اهداف کشف‌شده در این پژوهش (شامل عملکرد، فرم، سمبلیسم، زیبایی، بداعت، فرایند طراحی، طبیعت و اقلیم) وابسته به آموزشی است که دانشجویان در طی دوران تحصیل خود دیده‌اند و توجه فراوان دانشجویان به ویژگی‌های فرمی که در نهایت، آن‌ها را به سمت برداشت سطحی سوق می‌دهد، می‌تواند با آموزش هدفمند سایر ارزش‌ها در طراحی تعدیل گردد. مطالعات سایر محققان نشان می‌دهد طراحان حرفه‌ای نسبت به طراحان مبتدی، توانایی بیشتری در برداشت ساختاری و مفهومی دارند (Goldschmidt 2001, 214; Dahl and Moreau 2002, 58; Cai et al. 2010; Casakin and Goldschmidt, 1999, 173; Casakin 2004, 264; Ozkan and Dogan 2013, 187; Chai et al. 2015, 26). بنابراین در جهت ارتقای توانایی طراحی دانشجویان و نزدیک‌تر کردن آن‌ها به توانایی طراحان ماهر، آموزش معماری باید قیاس ساختاری و مفهومی از الگوهای طبیعی را آموزش دهد.

یکی از یافته‌های این پژوهش، شیوه تحلیل رویکرد طراحی مبتنی بر طبیعت است. بنابر یافته‌های این بخش، سه مؤلفه در موفقیت قیاس نقش مؤثر دارند. مؤلفه اول دلیل دانشجویان برای جست‌وجو و انتخاب منبع است که از طریق آموزش معماری قابل تغییر یا ارتقا است. مؤلفه دوم ویژگی خاص منبع است که توسط طراح مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ویژگی می‌تواند فرمی، ساختاری یا مفهومی باشد. مؤلفه سوم، شیوه به‌کارگیری این ویژگی است که باید با نیازهای مسئله طراحی وفق داده شود و به مسئله پاسخگو باشد. جدول ۳ این مؤلفه‌ها را در قالب سه لایه نشان می‌دهد. رسیدن به قیاس ساختاری مستلزم داشتن هدفی مناسب در انتخاب منبع، توجه به ویژگی‌های ساختاری و وفق دادن با نیازهای مسئله است. بنابراین، رسیدن به قیاس ساختاری مشکل است. دانشجویان مبتدی معماری باید در جهت یافتن ویژگی‌های ساختاری و عملکردی موجود در پدیده‌های طبیعی آموزش ببینند و شیوه بهره‌گیری از این ساختار در طراحی معماری را بیاموزند. همچنین دلایل آن‌ها در مراجعه به نمونه توسط آموزش دستخوش تغییر می‌شود. یکی از راه‌های شناخت نحوه به‌کار بستن ویژگی‌های ساختاری در طبیعت، رجوع به منابعی است که نمونه‌هایی از استفاده صحیح از طبیعت را در معماری نشان می‌دهند.

جدول ۳: سطوح مختلف مؤثر در قیاس با طبیعت

جایگاه آموزش	مؤلفه مؤثر	
ارتقای اهداف دانشجویان وابسته به همه دروس تئوری، عملی و تجربه آن‌هاست.	عملکرد، فرم، سمبلیسم، زیبایی، بداعت، فرایند طراحی، طبیعت، اقلیم	دلیل انتخاب منبع
آشنایی دانشجویان با ویژگی‌های ساختاری پدیده‌های طبیعی و توجه به مفاهیم و اصول موجود در آن‌ها نیازمند آموزش است که می‌تواند در دروسی مانند انسان طبیعت معماری گنجانده شود.	تقارن، فراکتال، اسپیرال، آشوب، امواج، حباب‌ها، موزاییک‌ها، شیارها و راه‌راه‌ها	ویژگی‌های فرمی
	ساختارهای طبیعی غیرزنده، ساختارهای گیاهی، ساختارهای جانوری، ساختارهای لانه‌سازی جانوران	ویژگی‌های ساختاری
	احساسی، سمبلیک	ویژگی‌های مفهومی
یادگیری قیاس ساختاری و به‌کارگیری ساختار طبیعی در پاسخگویی به مسئله معماری، نیاز به آموزش دارد.	وفق دادن با نیازهای مسئله	فرایند به‌کارگیری

نتیجه

در این پژوهش، با هدف شناخت چارچوب صحیح طراحی معماری مبتنی بر قیاس با طبیعت، مطالعه ترکیبی کیفی و تجربی انجام شد. در جهت شناخت جایگاه الهام از طبیعت در بین انواع روش‌های آفرینش در معماری، همه روش‌ها بررسی شدند و به دو دسته دارای منبع بیرونی و بدون منبع بیرونی دسته‌بندی شدند. روش قیاس با طبیعت در ذیل روش‌های با منبع بیرونی تعریف شد. طبیعت یکی از مراجع مهم قیاس محسوب می‌شود و دارای سه دسته ویژگی‌های فرمی، ساختاری عملکردی و مفهومی است. برای پاسخ به این سؤال که چگونه می‌توان از ویژگی‌های طبیعت در طراحی معماری برداشت کرد، سه رویکرد قیاس سطحی به معنی بهره‌گیری از ویژگی‌های فرمی، قیاس ساختاری به معنی بهره‌گیری از ویژگی‌های کارکردی و استعاره به معنی اشاره به ویژگی‌های احساسی و سمبلیک پدیده معرفی شدند. سبک‌های معماری فراکتال، حبابی، چیستان‌نما، بیومورفیک و زمین‌گونه در دسته قیاس سطحی و سبک‌های بیونیک، ارگانیک و ارگانی تک در دسته قیاس ساختاری قرار گرفتند. در ادامه، در جهت تعریف چارچوبی برای ارزیابی رویکرد طبیعت‌گرایی دانشجویان که بتواند مقدمه‌ای برای ارتقا و آموزش قیاس با طبیعت باشد، پژوهش تجربی انجام شد و سه مؤلفه دلیل دانشجویان برای انتخاب منبع، ویژگی برداشت‌شده از منبع و وفق دادن آن با مسئله طراحی تحلیل شد. نتایج نشان می‌دهد اهداف دانشجویان از انتخاب پدیده‌های طبیعی به عنوان منبع الهام شامل عملکرد، فرم، سمبلیسم، زیبایی، بداعت، فرایند، طبیعت و پاسخگویی به اقلیم است. فرم مهم‌ترین هدف انتخاب منبع الهام است. دانشجویان توانایی اندکی در قیاس ساختاری و مفهومی دارند و معمولاً از قیاس سطحی در برداشت از الگوهای طبیعی استفاده می‌کنند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت آموزش معماری باید دانشجویان را به ابزارهای مناسب جهت بهره‌گیری مناسب از روش قیاس مهیا کند؛ این امر می‌تواند از طریق سوق دادن به اهداف صحیح در طراحی، ارتقای توانایی قیاس ساختاری و مفهومی با شناخت ویژگی‌های ساختاری و مفهومی پدیده‌های طبیعی و به‌کارگیری آن‌ها در طراحی در آموزش طراحی معماری محقق شود.

برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود پژوهش تجربی با حجم نمونه مناسب برای استفاده از آمار استنباطی انجام شود و رابطه بین سه متغیر هدف طراح، نوع منبع و نوع قیاس مورد آزمون قرار گیرد. همچنین روش قیاس بین دانشجویانی که تحت روش‌های مختلف آموزش قرار دارند، بررسی شود و نتایج این روش‌های آموزشی با یکدیگر مقایسه شود.

پی‌نوشت‌ها

1. Pragmatic
2. Iconic
3. Analogical
4. Canonic
5. Bryan Lawson
6. Anthony C Antoniades
7. Biomorphic
8. Quadrature and Triangulation
9. Anomaly
10. Mere Appearance
11. Literal
12. Plato
13. Pythagoras
14. Empedocles
15. Bionics

۱۶. سه اصطلاح bionics, biomimetics و biomimicry که معادل برداشت از ارگان‌های زنده در طراحی و مهندسی است، با یکدیگر تفاوت‌های ظریفی دارند که پیشنهاد می‌شود در این زمینه به (Iouguina, 2013) مراجعه شود.

17. Outer Form
18. Inner Life
19. Fractal
20. Blobmeisters
21. Einigmatic Signifier
22. Cosmogogenesis
23. Biomimicry
24. Organi Tech

مطالعات معماری ایران

دو فصلنامه معماری ایرانی
شماره ۱۱ - بهار و تابستان ۹۶

۹۹

منابع

- آنتونیادس، آنتونی سی. ۱۳۸۱. *بوطیقای معماری آفرینش در معماری تئوری طراحی*. جلد اول راهبردهای نامحسوس به‌سوی خلاقیت در معماری. ترجمه احمدرضا آی. تهران: سروش.
- چینگ، فرانسیس. ۱۳۷۰. *معماری فرم فضا نظم*. ترجمه زهره قره‌گزلو. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- خاکزند، مهدی، امیراحمد احمدی. ۱۳۸۶. *نگاهی اجمالی به رویکرد میان طبیعت و معماری*. فصلنامه *باغ نظر* سال چهارم (۸): ۴۷-۳۵.
- خاکزند، مهدی، فرهنگ مظفر، محسن فیضی و مریم عظیمی. ۱۳۸۸. *قیاس بصری و جایگاه آن در آموزش خلاق طراحی معماری*. نشریه علمی پژوهشی *فناوری آموزش* سال چهارم، جلد ۴ (۲): ۱۵۳-۱۶۲.
- خراسانی، شرف‌الدین. ۱۳۷۰. *نخستین فیلسوفان یونان*. تهران: سازمان انتشارات و آموزش انقلاب اسلامی.
- رضایی، محمود. ۱۳۹۳. *آنالوژی‌های طراحی بازنگری انگاره‌ها و پنداره‌ها در فرایند طراحی فرم و فضای معاصر*. چاپ اول.

- تهران: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.
- شرقی، علی، و عبدالحمید قنبران. ۱۳۹۱. آموزه‌هایی از طبیعت در طراحی معماری. نشریه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. دوره ۱۴ (۳): ۱۱۸-۱۰۷.
- عالمی، بابک، شهرام پوردیپیمی، و سعید مشایخ فریدنی. ۱۳۹۵. سازه، فرم و معماری. نشریه مطالعات معماری ایران، سال پنجم (۹): ۱۲۳-۱۴۰.
- قیابکلو، زهرا. ۱۳۹۲. طراحی آکوستیکی سالن همایش چندمنظوره با الهام از پوسته صدف دریایی. نشریه هنرهای زیبا معماری و شهرسازی. دوره ۱۸ (۳): ۱۷-۲۴.
- گروت، لیندا، و دیوید وانگ. ۱۳۸۴. روشهای تحقیق در معماری. ترجمه علیرضا عینی‌فر. چاپ اول. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- لاوسون، برایان. ۱۳۸۸. طراحان چگونه می‌اندیشند ابهام‌زدایی از فرایند طراحی. ترجمه حمید ندیمی. ویرایش سوم. تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- Akin, Ömer. 2002. Case-based instruction strategies in architecture. *Design Studies* 23 (4):407-431.
- Bártolo, HM Galha, and PJS Bártolo. 2002. *Borrowing from Nature to Support Architectural Design*. 18th Annual ARCOM Conference.
- Broadbent, Geoffrey. 1973. *Design in architecture: architecture and the human sciences*. John Wiley & Sons New York, USA.
- Carbone, Alessandra, Mikhael Gromov, and Przemyslaw Prusinkiewicz. 2000. *Pattern Formation in Biology, Vision and Dynamics*. Vol. 106: World Scientific.
- Casakin, Hernan. 2004. Visual Analogy as a Cognitive Strategy in the Design Process. Expert versus Novice Performance. *Journal of Design Research* 4 (2): 253-268.
- Casakin, Hernan. 2012. An Empirical Assessment of Metaphor Use in the Design Studio: Analysis, Reflection and Restructuring of Architectural Design. *International Journal of Technology and Design Education* 22 (3): 329-344.
- Casakin, Hernan, and Gabriela Goldschmidt. 1999. Expertise and the Use of Visual Analogy: Implications for Design Education. *Design Studies* 20 (2): 153-175.
- Chai, Chunlei, Fei Cen, Weiyu Ruan, Cheng Yang, and Hongting Li. 2015. Behavioral Analysis of Analogical Reasoning in Design: Differences among Designers with Different Expertise Levels. *Design Studies*, 36 (2): 3-30.
- Chrysikou, Evangelia G, and Robert W Weisberg. 2003. *The use of pictorial examples in problem solving: Fixation in a design-related task*. Paper read at Proceedings of the 25th Conference of the Cognitive Science Society.
- Chrysikou, Evangelia G, and Robert W Weisberg. 2005. Following the wrong footsteps: fixation effects of pictorial examples in a design problem-solving task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 31 (5):11-34.
- Dahl, Darren W and Page Moreau. 2002. The Influence and Value of Analogical Thinking during New Product Ideation. *Journal of Marketing Research* 39 (1): 47-60.
- Eckert, CM, Martin Stacey, and Christopher Earl. 2005. References to past designs. *Studying Designers* 5 (2005): 3-21.

- Gentner, Dedre. 1983. Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy. *Cognitive science* 7 (2): 155-170.
- Gentner, Dedre, and Arthur B Markman. 1997. Structure mapping in analogy and similarity. *American psychologist* 52 (1):45.
- Goldschmidt, Gabriela. 2001. Visual Analogy: A Strategy for Design Reasoning and Learning. *Design knowing and learning: Cognition in design education*: 199-220.
- Goldschmidt, Gabriela. 2011. Avoiding Design Fixation: Transformation and Abstraction in Mapping from Source to Target. *The Journal of creative behavior* 45 (2): 92-100.
- Gonçalves, Milene, Carlos Cardoso, and Petra Badke-Schaub. 2014. What Inspires Designers? Preferences on Inspirational Approaches during Idea Generation. *Design Studies* 35 (1): 29-53.
- Iouguina, Alëna. 2013. *Biologically Informed Disciplines: A Comparative Analysis of Terminology within the Fields of Bionics, Biomimetics, and Biomimicry*. Carleton University Ottawa.
- Jencks, Charles. 2003. The new Paradigm in Architecture. *Architectural Review* 213 (1272): 72-7.
- Jormakka, Kari, Oliver Schürer, and Dörte Kuhlmann. 2008. *Basics Design Methods*. Birkhäuser.
- Kappraff, Jay. 2004. Growth in Plants: A Study in Number. *Forma* 19 (4): 335-354.
- Kowaltowski, Doris CCK, Giovana Bianchi, and Valéria Teixeira De Paiva. 2010. Methods That May Stimulate Creativity and Their Use in Architectural Design Education. *International Journal of Technology and Design Education* 20 (4): 453-476.
- McGinty, Tim. 1979. *Concepts in Architecture. Introduction to architecture*. McGraw-Hill, New York, NY: 208-235.
- Nachtigall, Werner, and Kurt Blüchel. 2000. *Das große Buch der Bionik: neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*: Dt. Verlag-Anst.
- Nachtigall, Werner, and Alfred Wisser. 2014. *Bionics by Examples: 250 Scenarios from Classical to Modern Times*: Springer.
- Ozkan, Ozgu and Fehmi Dogan. 2013. Cognitive Strategies of Analogical Reasoning in Design: Differences between Expert and Novice Designers. *Design Studies* 34 (2): 161-192.
- Pohl, Göran, and Werner Nachtigall. 2015. *Biomimetics for Architecture & Design: Nature-Analogies-Technology*: Springer.
- Ruelle, David. 1993. *Chance and Chaos*. Princeton University Press.
- Stevens, Peter S. 1974. *Patterns in Nature*, Little Brown.
- Stewart, Ian. 2001. *What Shape Is a Snowflake?* Weidenfeld & Nicolson.
- Unesco /UIA for Architectural Education. 2011. International Union of architects. Available online: <http://www.unesco.org/most/uiachart.htm>
- Vincent, Julian FV. 2014. Biomimetics in Architectural Design. *Intelligent Buildings International*. (12): 1-12.
- Vosniadou, Stella, and Andrew Ortony. 1989. *Similarity and Analogical Reasoning*, Cambridge University Press.