Research Article Volume 28, No. 4, Winter 2024

The Situational Nature of the Selection of Drawing Tool in the Design Process*

Abstract

The development of computer use in the field of conceptual design has brought doubts and at the same time concerns regarding the maintaining of the significantrole of hand drawings in the design process. In other words, advances in computer-aided design over time have influenced the attitudes and working methods of contemprory designers in addressing problems. According to some designers of the current generation, computers can now assume the traditional role of hand drawings in the design process. This view contrasts with that of expert designers who assert that hand drawings still retain a special place in the design process. The aim of this research is to address the question of which of the two tools, manual or digital, is more suitable for problem solving in the early stages of design. By reviewing past studies and analyzing texts using content analysis tables, we sought to provide a comparative assessment of the ability of each tool to enhance the cognitive levels of the design process. The results of our work indicate that computer tools, including modeling programs and parametric design, despite their recent advancements in supporting the initial stages of design, do not perform as effectively hand drawings in terms of conceptualization and ease of discovery. This phenomenoncan be attributed to the superior capacity of hand drawings (sketch) in ambiguity as well as the designer's focus on the level of knowledge rather than the level of object production rules or algorithms when utilizing them. However, Computer drawing tools are capable of providing more accurate visualization than hand drawings, which can be advantageous in more structured problems. This significant finding suggests that the ability of a tool to improve cognitive levels in the conceptual process is not solely dependent on the tool itself, but it is also influenced by a network of constraints (variables) such as the type of problem, the degree of determination and simplicity of the problem, the interactivity of the tool, time constraints, Interpretation (team or individual design), designer's skill, designer's expertise and numerous other factors. These variables were derived from previous studies. In fact, there are variables related to design context that play a crucial role in the development of the design process. A change in any of these constraints can affect the outcomes of the design process. Such a framework criticizes previous studies that have primarily focused onthe influence of the "instrumental ability" variable. Based on this, a model of the impact of intervening variables on the design situation and its relationship with the levels of knowledge was proposed. This hypothesis can inform the direction of future research design studies, emphasizing that the impact of limitations should be considered in subsequent empirical investigations.

Keywords

Digital Design Tools, Problem-Solving, Hand Drawings, Cognitive Levels, Situational Nature

Received: 16 Nov 2023
Received in revised form: 21 Dec 2023
Accepted: 26 Dec 2023

Nooshin Karami[1] iD
Master of Architecture, Department of Architecture, Faculty of Art & Architecture, Bu-Ali-Sina University, Hamedan, Iran.
E-mail: nooshinkarami2020@gmail.com

Gholamreza Talischi[**2] iD (Corresponding Author)
Assistant Professor, Department of Architecture, Facuty of Art & Architectire, Bu-Ali-Sina University, Hamedan, Iran.
E-mail: talischi@basu.ac.ir

Doi: https://doi.org/10.22059/JAFUP.2024.365772.672911

Citation: Karami, Nooshin; Talischi, Gholamreza (2024). The situational nature of the selection of drawing tool in the design process, *Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning*, 28(4), 71-82. (*in Persian*)

© **The Author(s).** **Publisher: University of Tehran Press**

*This article is extracted from the first author's master thesis, entitled: "Designing a cinema- cultural complex (development of the correct model for the use of various drawings in the design process)" under the supervision of the second author at the University of BU-Ali-Sina.

نشریه هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی ● دوره ۲۸، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲

موقعیت‌مندبودن انتخاب ابزار ترسیم در فرایند طراحی*

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۸/۲۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۳۰
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۱۰/۰۵
نوشین کرمی[1]: کارشناس ارشد مهندسی معماری، گروه مهندسی معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
E-mail: nooshinkarami2020@gmail.com
غلامرضا طلیسچی[2*] (نویسنده مسئول): استادیار گروه مهندسی معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. E-mail: talischi@basu.ac.ir
Doi: https://doi.org/10.22059/JAFUP.2024.365772.672911

چکیده

توسعهٔ کاربرد رایانه در حوزهٔ طراحی مفهومی، شبهات و درعین‌حال نگرانی‌هایی را در مورد حفظ جایگاه مهم دست نگاره در فرایند طراحی به همراه داشته است. هدف تحقیق پاسخ به این پرسش است که کدام یک از دو ابزار دست یا دیجیتال برای مسئله‌گشایی اوایل طراحی مناسب‌تر است. با بررسی مطالعات گذشته و تحلیل متون، ابتدا با استفاده از جداول تحلیل محتوای استقرایی، گزاره‌ها کدگذاری و شباهت‌های محتوایی مقوله‌سازی گردید و معیار «قابلیت ارتقای سطوح شناختی ابزار در مرحلهٔ طراحی مفهومی» به‌عنوان معیار مقایسهٔ دو ابزار تعیین گردید. سپس با استفاده از جداول تحلیل محتوای قیاسی این نتیجه کلی استنباط گردید که انتخاب نوع ابزار ترسیم در مراحل ابتدای طراحی صرفاً وابسته به توانایی ابزار در ارتقای سطوح شناختی (مفهوم‌سازی و بصری‌سازی) نیست بلکه مرتبط با شبکه‌ای از قیود تأثیرگذار بر موقعیت است. بر این اساس طرحواره‌ای از تأثیر قیود مداخله‌گر بر موقعیت طراحی و ارتباط آن با سطوح شناخت مطرح شد. این فرضیه پیشنهاد شد که انتخاب ابزار ترسیم در فرایند طراحی تصمیمی هوشمندانه و موقعیت‌مند است و نمی‌توان دستورالعمل مطلقی برای انتخاب نوع ابزار مسئله‌گشایی تجویز نمود. چنین فرضیه‌ای می‌تواند رویکرد مطالعات بعدی طراحی پژوهی را جهت‌دهی نماید.

واژه‌های کلیدی
ابزار طراحی دیجیتال، دست‌نگاره، مسئله گشایی اوایل طراحی، سطوح شناختی، موقعیت‌مندی

استناد: کرمی، نوشین؛ طلیسچی، غلامرضا (۱۴۰۲)، موقعیت‌مندبودن انتخاب ابزار ترسیم در فرایند طراحی، نشریه *هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی*، ۲۸(۴)، ۷۱-۸۲.

ناشر: مؤسسه دانشگاه تهران
© **نگارنده(گان)**

* مقالهٔ حاضر برگرفته از پایان نامهٔ کارشناسی ارشد نگارنده اول با عنوان « طراحی مجموعهٔ فرهنگی سینمایی اتحاد، با رویکرد تدوین الگوی صحیح کاربرد انواع ترسیمات در فرآیند طراحی» می‌باشد که با راهنمایی نگارنده دوم در دانشگاه بوعلی سینا همدان ارائه شده است.

مقدمه

ظهور شاخهٔ طراحی به کمک رایانه [۱] از دههٔ ۱۹۶۰ و ارتقای توانایی‌های روزافزون آن، تاکنون تأثیراتی تدریجی بر روش کار طراحان در فرآیند طراحی ایجاد نموده است. طراحان ابزارهای دیجیتال اکنون ادعا دارند که به پشتوانهٔ گسترش قابلیت‌های متعدد رایانه، این ابزارها می‌توانند بیشتر از قبل طراحان را در تمامی مراحل از جمله ایده پردازی و مراحل نخست یاری دهند. نتایج چنین پیشرفت‌هایی در مقالاتی نظیر مطالعهٔ مروری پنا، کاربالا و همکاران (۲۰۲۱) آمده است. توسعهٔ برنامه‌های تولیدکنندهٔ اسکیس دیجیتالی، محیط‌های واقعیت مجازی [۲]، قلم الکترونیکی با صفحهٔ هوشمند و طراحی پارامتریک، همه تلاش‌هایی برای به چالش کشاندن نظریات و مطالعات گذشته دربارهٔ نقش مهم دست‌نگاره‌ها در فرایند طراحی است. در این میان طراحانی هستند که ترجیح می‌دهند صرفاً از ابزارهای دیجیتالی بدون کاغذ بهره گیرند، به‌ویژه دانشجویان، دیدگاه آن‌ها در این باره این است که امروزه این شیوهٔ ساخت اشیاء است پس چرا خود را به زحمت انداخته و از ترسیمات کاغذی استفاده کنیم. این تمایل و گرایش به تعبیر گلدشمیت هشداری است برای آن‌هایی که ارزش اسکیس‌های دستی و به‌طورکل دست‌نگاره‌ها را تشخیص می‌دهند. موضوع مطرح‌شده به اندازه‌ای در گفتمان جاری اهمیت دارد و برجسته است که استادان دانشگاه ییل [۳] را ترغیب نمود در یک نشست هم‌اندیشی، در فوریهٔ ۲۰۱۲، گفتگو نمایند تا به این سؤال پاسخ دهند که آیا با حضور فناوری طراحی دیجیتال، اسکیس‌های دستی به فنا رفته است؟ (گلدشمیت ۲۰۱۷، ۸۲-۹۳). به واقع هدف اصلی پژوهش حاضر نیز مقایسهٔ توان حمایتی ابزارهای ترسیمی از مراحل ابتدای طراحی (طراحی اکتشافی) است، اما پیش از آن باید شناخت کافی از مسئله‌گشایی و همچنین اساس طراحی مفهومی [۴] (طراحی اکتشافی) داشته باشیم تا بر اساس معیار و شاخصی معین این دو ابزار (دست و رایانه) را با یکدیگر مقایسه نماییم. به‌طور خلاصه می‌توان گفت در مرحلهٔ طراحی مفهومی تفکر اکتشافی پیاده‌سازی می‌شود، هدف این الگوی تفکر پرورش راه‌حل‌های خلاقانه است (گلدشمیت، ۲۰۱۷، ۷۸).

روش پژوهش

در این پژوهش ابتدا با انتخاب یک نمونه‌گیری هدفمند از طریق جست‌وجو در پایگاه داده‌های معتبر، ۳۴ پژوهش برگزیده شد. منابع هدفمند بر مبنای اصالت، ارجاع، روش پژوهش، توصیف فرآیند کار و نگاه جزئی‌نگرانه و دقیق به مسئلهٔ پژوهش انتخاب شدند. اولویت انتخاب پژوهش‌های تجربی و مروری و سپس مطالعات موردی و مصاحبه بود. جدول (۱) چهار دستهٔ متفاوت از منابع مطالعاتی را نشان می‌دهد. در مرحلهٔ بعد با کدگذاری و تحلیل مضمون گزاره‌های متون گذشته، مفاهیم و مقولات مشترک طراحی مفهومی آدرس‌دهی شد. سپس به کمک جداول تحلیل محتوای قیاسی توان دو ابزار در برآورده کردن معیارهای طراحی مفهومی ارزیابی گردید. رویکرد این پژوهش در تحلیل محتوای مطالعات قبل، بررسی فرایند تحقیق سوای پاسخ آن‌ها به پرسش اصلی است.

پیشینه پژوهش

این دست سؤالات که آیا ابزار رایانه می‌تواند جایگزین نقش دیرینهٔ دست نگاره در مراحل نخست طراحی شود از زمان ظهور شاخهٔ طراحی به کمک رایانه سرآغاز فصلی از مطالعات طراحی پژوهی شد که هدف آن مقایسهٔ قابلیت این دو ابزار ترسیمی در فرآیند طراحی بود. طراحی‌پژوهان از طریق روش‌های مختلف تحقیق به‌ویژه آزمون‌های تجربی و تحلیل محتوای پروتکل فرایند طراحی آزمودنی‌ها، عمدتاً به توانایی منحصربه‌فرد دست‌نگاره در خلاقیت و برتری آن نسبت به ابزار رایانه در مراحل ابتدایی طراحی اذعان داشتند. از جملهٔ این مطالعات می‌توان به مقالهٔ وون (۲۰۰۱)، بیلدا و دمیرکان (۲۰۰۳)، مارتنز و براون (۲۰۰۵) و رابرتسون و راتکلیف (۲۰۰۹) اشاره کرد. از میان پژوهش‌های داخلی نیز مطالعهٔ هاشم‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲)، غریب‌پور (۱۳۹۲)، علی‌پور (۱۴۰۰) و شریف (۱۴۰۱) را می‌توان نام برد. از دههٔ دوم قرن ۲۱ به بعد با پیشرفت ابزارهای مدل‌ساز و برنامه‌های الگوریتم‌ساز نتایج به نسبت متفاوت‌تری در قیاس با قبل حاصل شد. در برخی تحقیقات مانند مطالعهٔ تجربی تانگ و جیرو (۲۰۱۱)، پوررحیمیان و ابراهیمی (۲۰۱۱) و یوجی استوارد و دیگران (۲۰۱۵) به لحاظ برخی از جنبه‌های طراحی مفهومی توانایی رایانه بهتر از دست‌نگاره ارزیابی گردید. یکی از اهداف مطالعهٔ پیش رو جست‌وجوی دلیل یا دلایلی است که نتایج متفاوت دو دهه اخیر را توجیه کند. آیا ساختاری برای طراحی مفهومی مطرح است؟ که بتوان بر اساس آن استدلال نمود دست‌نگاره در بخشی از آن و رایانه در بخشی دیگر موفق عمل می‌کنند؟ ازآنجایی‌که در مطالعات اخیر متغیرهای مداخله‌گر نقشی کلیدی داشته‌اند، نتایج این مطالعات در بخش مبانی نظری آورده شده زیرا این متغیرها بخشی از دانش نظری ما برای پاسخ به سؤالات پژوهش است.

مبانی نظری پژوهش

ساختار مسائل موقعیت‌مند طراحی

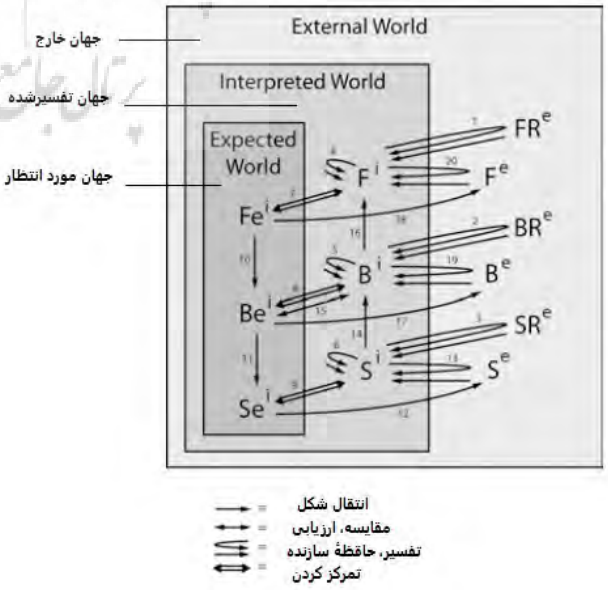
مسائل طراحی به‌طور معمول با نام مسائل نامعین [۵]، «ناشناخته»، «بدساختار»، «بدقلق» و واژگان و اصطلاحات مشابهی توصیف می‌شوند. این مجموعه واژگان اشاره به بی‌قاعده‌بودن حل مسائل طراحی دارد که به نسبت مسائل دیگر پیچیدگی بیشتری دارند. مسائل طراحی کاملاً نامعین نیستند و به عبارتی بهتر «تاحدی نامعین» هستند، همان‌طور که دورست

جدول ۱. دسته‌بندی منابع مورد مطالعه.

۱) نقش اسکیس در طراحی مفهومی	گلدشمیت، ۱۹۹۱، ۱۹۹۴، ۱۹۹۵، ۲۰۰۳، ۲۰۱۴ /۱۹۹۲، شان (شون) و ویگینز/ سووا و تی ورسکی، ۱۹۹۶/ تی ورسکی، ۱۹۹۹/ پرسل و جیرو، ۱۹۹۸/ ورستیژن و همکاران، ۱۹۹۸/ سووا و همکاران، ۲۰۰۰/ تانگ و جیرو، ۲۰۰۰/ کاواکلی و جیرو، ۲۰۰۱/.
۲) نقش برنامه‌های مدل‌ساز در طراحی مفهومی	وون، ۲۰۰۱/بیلدا و دمیر کان، ۲۰۰۳/ مارتنز و براون، ۲۰۰۵/رابرتسون و راتکلیف، ۲۰۰۹/پوررحیمیان و ابراهیمی، ۲۰۱۱ /تانگ، لی و جیرو، ۲۰۱۱/ برنال و همکارن، ۲۰۱۵/ اکسترومر و ورنر، ۲۰۱۹/ لورسو، ۲۰۲۰/ علی پور ۱۴۰۰/ شریف ۱۴۰۱/.
۳) نقش طراحی پارامتریک در طراحی مفهومی	جیرو، ۱۹۹۶/ جیرو و سادویکز، ۲۰۱۲/یو، جی یو، استوارد و دیگران، ۲۰۱۵/ پنا، کاربالا و دیگران، ۲۰۲۱/.
۴) رابطه طراح با ابزار	لاوسون، ۲۰۰۴/۲۰۰۵/ یاماموتو و همکاران، ۲۰۰۵/گلدشمیت ۲۰۰۸، ۲۰۱۴/ داوود و همکاران، ۲۰۱۵/.

مسائل طراحی را دارای ساختار سه گانه می‌داند؛ یعنی بخشی از آن‌ها معین، بخشی تحت تعیین و بخشی دیگر نامعین هستند (۲۰۰۴، ۱۸۷). مسائل و راه‌حل‌های طراحی به یکدیگر وابسته هستند، اصطلاح تکامل مشترک مسئله و راه‌حل[۶] که نخستین‌بار توسط ماهر و پون[۷] (۱۹۹۶) مطرح شد، اشاره دارد به این که مسائل طراحی به واسطهٔ راه‌حل‌های طراحی بیشتر شناخته و درک می‌شوند، و طراحان برای فهم بهتر از مسئله به‌جای تمرکز برای پیداکردن راه‌حل با ایده بازی می‌کنند.

یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های مسئلهٔ بی‌قاعده، موقعیت‌مند[۸]بودن آن است (لاوسون، ۲۰۰۴، ۱۱۷). مفهوم موقعیت‌مندی نخستین‌بار توسط دی وی (۱۸۹۶) و بارتلت (۱۹۳۲) مطرح شد، اگرچه ایده‌هایشان برای مدتی کم‌فروغ گشت، اما در دههٔ ۹۰ دوباره مورد توجه قرار گرفت. در حل مسائل موقعیت‌مند مسئلهٔ طراحی محلی[۹] اهمیت دارد. به همین دلیل است که دورست (۲۰۰۶، ۱۱-۱۲) از وجود یک شبکهٔ محلی[۱۰] یا «موضعی» از ارتباطات سخن به میان آورده است. یعنی شبکه‌ای از افکار که طراح در زمان سروکارداشتن با موقعیت‌های مسئلهٔ طراحی در نظر می‌گیرد. جان جیرو نیز موقعیت‌مندی را مرتبط با قرارگیری هرچیزی در یک زمینه می‌داند و آن را اساسی برای طراحی مفهومی محسوب می‌کند (جیرو، ۱۹۹۸، ۵۲). به باور او تعامل طراح با بازنمایی توسعه‌دهندهٔ طراحی، مسیر طراحی را که شامل مجموعه‌ای از موقعیت‌هاست تعیین می‌کند. مدل پیشنهاد شدهٔ او و کاننجیسر موقعیت‌مندی را در برگیرندهٔ سه محیط متفاوت جهان خارج، جهان تفسیرشده و جهان مورد انتظار به‌شمار می‌آورد. جهان خارج شامل بازنمایی اشیاء خارجی و جهان تفسیرشده مرتبط با تجارب حسی و ادراکی و جهان مورد انتظار نیز جایی برای تجسم بخشیدن به اعمال تولیدشدهٔ بعدی است. محیطی که در آن جا اعمال در انطباق با اهداف در حال جریان و تفسیراتمان از وضعیت موجود جهان تصمیم گیری می‌شوند (جیرو، ۲۰۰۰، ۲-۳).این مدل در تصویر ۱ نمایش داده شده است. کاربرد طرح کدگذاری *FBS* جیرو و کاننجیسر در دهه‌های گذشته، در کنار طرح کدگذاری سووا و تی ورسکی (۱۹۹۶) برای کدگذاری محتوای پروتکل‌های مربوط به مطالعات تجربی



تصویر ۱. شمایی کلی از هستی‌شناسی موقعیت مند عملکرد - رفتار - ساختار کان و جیرو. مأخذ: (۸/۲۷۰،۲۰۱۴)

نقش دست‌نگاره‌ها در مسئله‌گشایی فرایند طراحی

طراحان به‌طور معمول در فرایند طراحی‌شان، به ویژه مراحل نخست آن از دست‌نگاره‌ها و ترسیمات ساختارنیافته استفاده می‌کنند. در این میان اسکیس، با شاخصهٔ سرعت در مدل‌سازی، به منزلهٔ نوع خاصی از دست‌نگاره‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چنان که بخش اعظمی از تحقیقات طراحی پژوهی دربارهٔ اسکیس و منافعش نوشته شده است. نایجل کراس (۱۹۹۹، ۳۶) اسکیس را وسیله‌ای می‌داند که طراح به واسطهٔ آن آگاهی و بینش خود را طی طراحی تقویت می‌کند. چنین توصیفی برای اسکیس جدید نیست، اسکیس سابقه‌ای طولانی دارد، همان‌طور که در دورهٔ رنسانس و در زبان ایتالیایی از واژگانی و اصلاحاتی برای توصیف آن استفاده می‌شد که معنای اندیشیدن[۱۱] داشت (گلدشمیت، ۲۰۰۳، ۷۹؛ ۱۹۹۱، ۱۳۰). در ادامه به توصیف نقش ابزارهای ترسیمی در فرایند طراحی اشاره خواهیم کرد، تا بتوان در بخش تحلیل آن‌ها را مقایسه و ارزیابی کنیم.

سهولت (ارزان، سریع، سیال)

اسکیس یک ملجأ شناختی کم‌هزینه است که در زمان مدل سازی، مؤثر واقع می‌شود. طراحان به سهولت آن را به کار می‌گیرند و برای این کار خود را محدود به یادگیری قوانین پیچیده تولید شی نمی‌کنند، چراکه مقید به قوانین اندکی است که این خصوصیت منحصربه‌فرد در سایر انواع بازنمایی‌ها دیده نمی‌شود (گلدشمیت، ۲۰۱۴، ۴۳۴).

حمایت از تفکر بصری و سطوح شناختی

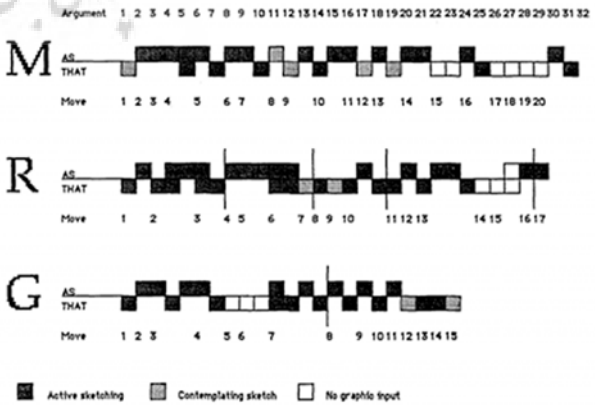
تفکر بصری[۱۲] در ارتباط با مراحل نخست طراحی و شامل بازنمایی-های[۱۳] می‌شود که با ایده‌ها مرتبط هستند تا شرایط ارتقای ایده را فراهم نمایند و اسکیس به‌عنوان نوع خاصی از بازنمایی انعکاس‌دهندهٔ تفکر بصری است (گلدشمیت، ۱۹۹۶، ۱۶۲). گلدشمیت به پشتوانهٔ آزمون‌های تجربی خود روی طراحان نتیجه گرفت که در زمان کاربرد اسکیس دو استدلال تصویری[۱۴] و مفهومی[۱۵] به‌طور بالقوه‌ای ظاهر می‌شوند و تعداد این دو استدلال تقریباً با هم برابر است. استدلال یا گروه کوچکی از استدلال‌های یک کیفیت همیشه توسط تعدادی استدلال از کیفیت دیگر دنبال می‌شود و طراحان با مربوط کردن آن‌ها به همدیگر در مورد طراحی دلیل و منطق می‌آورند تا به یک تناسب خوب و رضایت‌بخش در میان آن‌ها برسند (۱۹۹۴، ۱۷۴). به همین جهت گلدشمیت (همان، ۱۶۶) از اصطلاح مفهوم تصویری[۱۶] بهره برد تا یک بیان دوگانهٔ قوی از ماهیت تصویرسازی مرتبط با اسکیس را توصیف نماید.

محققان دیگر، همین موضوع را از نظرگاه سطوح شناختی[۱۷] مطرح نمودند. سووا و تی ورسکی محتوای آنچه طراحان می‌بینند، توجه می‌کنند و فکر می‌کنند را به چهار دستهٔ اطلاعاتی طبقه‌بندی نمودند. این چهار دستهٔ اطلاعاتی در واقع اعمال شناختی یا آگاهی‌دهندهٔ طراحی می‌باشند که شامل اعمال فیزیکی، ادراکی، عملکردی و مفهومی است. دو مورد اول اطلاعات بصری و دو مورد دیگر اطلاعات غیرتصویری به ما می‌دهد (سووا و تی ورسکی، ۱۹۹۶، ۱۹۱-۱۹۲). به‌طور خلاصه اعمال فیزیکی[۱۸] به اعمال فیزیکی مرتبط با ابزارهای بازنمایی مانند ترسیم کردن گفته می‌شود. اعمال ادراکی[۱۹] به مجموعه‌ای از اعمال مانند کشف و شناسایی عناصر (مثل شکل، سایز و بافت)، روابط فضایی عناصر (مثل

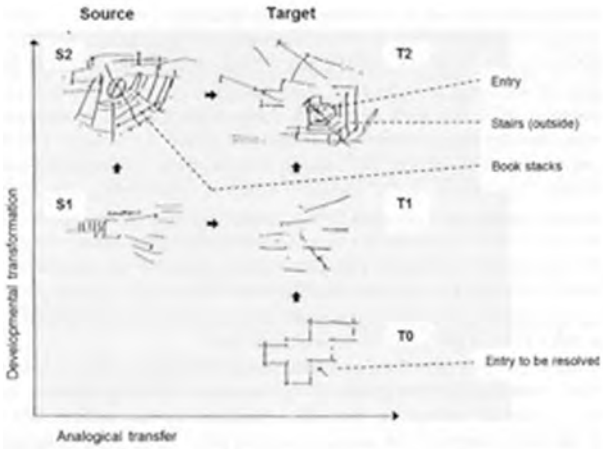
مجاورت، دوری و نزدیکی، تنظیم، تقاطع، اتصال)، سازماندهی بین عناصر (گروه‌بندی، مشابهت، تضاد، تفاوت) و یا حتی کشف فضاهای پنهانی میان عناصر ترسیم اشاره دارد. اعمال عملکردی[۲۰] به اتحاد و پیوستگی خصوصیات ابعادی- فضایی و بصری به وسیلهٔ معنا، عملکرد یا کانسپت و مفهوم انتزاعی خاص گویند. اعمال مفهومی[۲۱] به مجموعه‌ای از اعمال مرتبط با اهداف طراح، مقاصد او و بازیابی دانش گفته می‌شود (کاواکلی و جیرو، ۲۰۰۱، ۳۴۸-۳۴۹).

تانگ و جیرو با استفاده از مطالعهٔ تجربی خود نشان دادند که مراجع سازندهٔ برخی اعمال شناختی سطح پایین (اعمال فیزیکی و ادراکی) بیشتر از اسکیس‌هاست و بنابراین اسکیس سبب شکل‌گیری چنین اعمالی گشته است. در این پژوهش مشخص شد که اسکیس‌ها، توانایی خلق معنا و کانسپت را در فرایند طراحی دارند. آن‌ها حاملان موضوعات عملکردی‌اند تا به طراحان برای تولید بیشتر ایده‌ها کمک نمایند (۲۰۰۱، ۱۰-۱۱). این نتایج در انطباق با آزمون‌های سووا و همکارانش (۲۰۰۰، ۵۴۷) بود که باور داشتند مراجع عملکردی و دانش طراحی به واسطهٔ اسکیس‌ها سبب پیشبرد فرایند طراحی می‌شود؛ همان‌طور که تی ورسکی در تحقیق خود دریافت اسکیس بینش‌هایی را به سمت مفهوم‌سازی خلق می‌کنند (تی ورسکی، ۱۹۹۹، ۴).

در مطالعهٔ دیگری در سال ۲۰۰۱ توسط جیرو و کاواکلی، آن‌ها دریافتند که اسکیس زمینه‌ساز همزیستی[۲۲]، تولید و توازن بیشتر دیگر اعمال شناختی در فرایند طراحی است. علاوه بر این سووا، جیرو و پرسل در مطالعهٔ تجربی خود نشان دادند که در زمان کاربرد اسکیس، یک واسطهٔ دوسویه و دوجهته بین کشف‌های غیرمنتظره[۲۳] (به‌صورت اعمال شناختی ادراکی) و ابداعات موقعیتی[۲۴] (به‌صورت اعمال مفهومی) برقرار است. این نویسندگان اعمال توجه‌کردن به خصوصیات بصری و فضایی اسکیس‌ها را در زمان ترسیم آن‌ها منجر به کشف‌های غیرمنتظره دیدند. کشف‌های غیرمنتظره نهایتاً منجر به ابداع و اختراع بحث ها، موضوعات نیازها و تقاضاها می‌گردد. این نویسندگان دریافتند (۲۰۰۰، ۵۵۶) که رابطهٔ بین کشفیات غیرمنتظره و ابداعات موقعیتی، که هر دو محرک همدیگرند، اساسی در فرایند طراحی است.



تصویر ۲. استدلال‌های تصویری(seeing as) و مفهومی(seeing that) در فرایند طراحی سه طراح مختلف در یک بازهٔ زمانی. مأخذ: (گلدشمیت، ۱۹۹۱، ۱۳۷)



تصویر ۳. انتقال شکل با برداشت قیاسی به واسطهٔ اسکیس. مأخذ: (گلدشمیت، ۲۰۱۴، ۴۴۷)

اسکیس، فراهم‌کنندهٔ سرنخ‌های غیرقابل انتظار طراحی

حافظهٔ طراحان متشکل از مجموعه‌ای اطلاعات است که آن‌ها در زمان استفاده از اسکیس می‌توانند به این گنجینه از دانش مرتبط شوند. گلدشمیت در چندین آزمون تجربی خود روی دانشجویان طراح و کودکان متوجه شد که اسکیس سبب فعال‌نمودن تداعیِ معانیِ ذهنی طراح می‌شود که در نهایت طراح را به تفاسیر جدید و پیداکردن سرنخ‌های غیرقابل انتظار[۲۵] از اسکیس سوق می‌دهد. در یکی از آزمون‌های او (۲۰۱۴، ۴۴۲-۴۴۳) طراح مبتدی با استفاده از اشکالِ تصادفی و ارتباط‌دادن آن‌ها با اطلاعات ذهنی توانست سرنخ‌هایی را برای حل مسئله پیدا کند.

اسکیس‌ها به‌عنوان نوع خاص از ترسیمات، سامانهٔ نماد مجزا و متفاوت از سایر ترسیمات دارند (گِل، ۱۹۹۵؛ لاوسون، ۲۰۱۲، ۵۸). طراحان با اسکیس‌زدن از راه‌حل‌های ممکن یا تکه‌ای از راه‌حل و یا حتی شاخصه هایی از راه‌حل، این امکان را برای خود فراهم می‌کنند تا به منبع الگووارهای ذهنی[۲۶] و پیشینه‌ها[۲۷] متصل شوند و آن‌ها را از درون اسکیس تشخیص دهند (لاوسون، ۲۰۱۲، ۱۱۵). اسکیس‌ها به واسطهٔ ابهامشان با تنوع بزرگتری از مراجع و دانش و اطلاعات کسب‌شدهٔ قبلی می‌توانند مرتبط شوند چراکه آن‌ها محتوای نمادین دارند (همان، ۶۱).

نقش اسکیس در خلاقیت

خلاقیت محصول ترکیب دو دانش معنایی[۲۸] و دانش مبتنی بر تصاویر است (پیترسون، کیلستروم، روس و همکاران، ۱۹۹۲، ۱۰۷). چنین توصیفی با تعاریف ما از تفکر بصری شباهت دارد. در این باره گلدشمیت اشاره می‌کند که فرایند تفکر بصری، مطلقاً منطقی یا غیرنظام‌مند نیست. تفکر بصری محصول تصویرسازی بصری[۲۹] است و تصویرسازی بیشتر در تفکر خلاق یا در نوعی از حل مسئله که نیاز به بینش و بصیرت دارد دیده می‌شود، زیرا در چنین مسائلی ماهیت تازگی وظیفه وجود دارد و انتظار خلاقیت و نوآوری از فرد دیده می‌شود (۱۹۹۴، ۱۶۱). در مطالعهٔ مروری سال ۱۹۹۸، پرسل و جیرو، آن‌ها نشان دادند که اسکیس هم در تفسیرسازی[۳۰] و هم در واژگون‌سازی[۳۱] تصاویر مبهم تأثیرگذار است. هم‌چنین ورستیژن و همکارانش در سال ۱۹۹۸، در پژوهش تجربیشان به توانایی اسکیس در بازسازی[۳۲] تصاویر برای رسیدن به پیچیدگی بیشتر

دست یافتند (۲۰۱۴، ۴۴۴-۴۴۵).

فرایندهای قیاسی خود یکی از شیوه‌های خلاقانهٔ حل مسائل هستند. به نظر گلدشمیت اسکیس شرایطی را فراهم می‌سازد که محرک‌های بصری استدلال قیاسی مفیدی را القاء می‌کنند. او در آزمون تجربی خود دریافت که طراح با ترسیم از محرک‌های بصری امکان انتقال شکل‌ها را که اساسی برای تفکر بصری است فراهم می‌کند. اسکیس ابزار خوبی برای انتزاع از موقعیت مبدأ[۳۳] و عدم انتزاع و حمایت‌بخشیدن در موقعیت هدف[۳۴] است. این انتزاع را می‌توان با حذف جزییات و خلق بازنمایی‌های شماتیک از موضوعات اساسی به‌دست آوریم (گلدشمیت، ۲۰۱۴، ۴۴۶-۴۴۷).

نقش رایانه در مسئله‌گشایی طراحی

در تلاش برای جبران توانایی ضعیف سیستم‌های کَدِ اولیه در مرحلهٔ مفهومی، سیستم‌های طراحی مفهومی به کمک رایانه[۳۵] پیشنهاد شدند تا نویددهندهٔ ظهور اعمال شناختی مختلف و خلاقیت باشند و اینکه کانسپت‌ها را محک بزنند و شرایط مشابه با دست‌نگاری را فراهم نمایند. در کنار نرم افزارهای اسکیس زنی، محیط‌های طراحی پارامتریک نیز با هدف پشتیبانی از مرحلهٔ طراحی مفهومی به واسطهٔ قابلیت الگوریتم‌سازی‌شان مورد توجه هستند. هدف طراحی پارامتریک در مرحلهٔ طراحی مفهومی اکتشاف نیازها، خواسته‌ها و اهداف طراحی و پیدا کردن راه‌حل‌های ممکن برای رویارویی با آن نیازهاست (پنا، کاربالا و همکاران، ۱). در این بخش ما نمونه‌ای از نتایج مطالعات طراحی‌پژوهان را دربارهٔ موفقیت یا عدم موفقیت ابزارهای دیجیتال در مرحلهٔ طراحی مفهومی جمع‌آوری نمودیم تا بتوان در بخش تحلیل از آن استفاده کرد.

حمایت محیط‌های مدل‌ساز رایانه‌ای در مسئله‌گشایی طراحی

از زمان ظهور مدل سازهای رایانه ای، مطالعات مختلفی برای تشخیص توان پشتیبانی آن‌ها از مرحلهٔ طراحی مفهومی صورت گرفته است. از جمله مطالعهٔ وون در سال ۲۰۰۱ با استفاده از نرم‌افزار *پرو-ای*[۳۶] و مطالعهٔ بیلدا و دمیر کان در سال ۲۰۰۳ برای ارزیابی نرم‌افزار *دیزاین اپرنتیس سافت‌ویر*[۳۷]. هر دو این تحقیقات نشان دادند که برنامه‌ها قادر نیستند از مرحلهٔ مفهومی طراحی حمایت کنند، چرا که به‌طور هدفمند به تقلید از شرایط دست‌نگاری ساخته نشده‌اند. این موضوع طراحان نرم فزار را به فکر طراحی برنامه‌های اسکیس‌زنی سوق داد و مجموعه‌ای از نرم‌افزارهای *اسکیس‌زنی با کمک رایانه*[۳۸] معرفی شد.

مارتنز و براون در سال ۲۰۰۵ روی دو گروه با سطح خبرگی یکسان اما با ابزارهای متفاوت مطالعهٔ مروری ترتیب دادند. آن‌ها دریافتند که افرادی که از دست‌نگاره استفاده کرده بودند به لحاظ «زمان دستیابی به ایده» و «توانایی ارزیابی ایده» موفق‌تر از گروه دیگر عمل کردند (شریف و پوررفیعی، ۱۴۰۰، ۲۰-۲۱). به مرور قابلیت‌های نرم‌افزارهای اسکیس‌زنی بیش‌تر شد و در مطالعهٔ تانگ، لی و جیرو در سال ۲۰۱۱ و مطالعهٔ پوررحیمیان و ابراهیمی در سال ۲۰۱۱، حمایت آن‌ها از طراحی مشارکتی مطرح شد.

تانگ، لی و جیرو (۲۰۱۱، ۱۹-۲۲) با استفاده از طرح کدگذاری *FBS* روی ۱۰ گروه دو نفره که شرایط مشابهی داشتند و هر گروه دو محیط اسکیس دستی و اسکیس دیجیتالی با استفاده از نرم‌افزار *اسکچ بووک پرو*[۳۹] را تجربه کرده بودند نتیجه گرفتند که تفاوتی در تعداد و توزیع اعمال شناختی بین این دو محیط دیده نمی‌شود. در شرایط کاربرد اسکیس‌های دیجیتالی، تعداد اعمال شناختی سطح پایین (یعنی اعمال فیزیکی و ادراکی) بیش‌تر از تعداد اعمال شناختی در شرایط استفاده از اسکیس‌های دستی بود، اما در زمان کاربرد اسکیس‌های دستی تعداد اعمال شناختی سطح بالا (یعنی اعمال عملکردی و مفهومی) به میزان کوچکی بیشتر از اسکیس‌های دیجیتالی بود. این نتیجه به‌دست آمد که موفقیت اسکیس‌های دیجیتالی در اعمال شناختی سطح پایین تأثیری روی اعمال شناختی سطح بالا ندارد. با این حال به‌طورکلی اسکیس‌های دیجیتالی توانستند از مرحلهٔ مفهومی طراحی حمایت کنند. این محققان دلیل تفاوت نتایج خود را با پژوهش‌های قبلی به تفاوت در نرم‌افزارها و افراد آزمودنی نسبت دادند. اینکه بومیان دیجیتال[۴۰] نسبت به مهاجران دیجیتال[۴۱] مهارت‌های ترسیمی بیشتری دارند، و می‌توانند تعامل بهتری با ابزار دیجیتال داشته باشند.

مطالعهٔ دیگری توسط پوررحیمیان و ابراهیمی در سال ۲۰۱۱ در مالزی بر اساس طرح کد گذاری سووا و همکاران صورت گرفت، آن‌ها دریافتند که محیط‌های اسکیسِ سه‌بُعدیِ واقعیت مجازی از نظر تعداد اعمال شناختی، حتی بهتر از اسکیس‌های دستی عمل می‌کنند و آن‌ها روی کشف غیرمنتظره و اعمال ادراکی(به ویژه کشف خصوصیات ابعادی-فضایی و روابط فضایی) بهتر از دست‌نگاره عمل نمودند. علاوه بر ارتقای سطوح شناختی آن‌ها در کار مشارکتی و هماهنگی بین اعضاء توانستند مؤثر واقع شوند (۱۹۹۸، ۲۸۴-۲۸۷).

در میان مقالات مروری علی‌پور با رویکرد توصیفی‌تحلیلی روی مطالعات تجربی گذشته نتیجه گرفت که رایانه اگرچه مطابق نظر برنال و همکارانش (۲۰۱۵) سبک‌های جدیدی را در خلق ایده ارتقاء داده است، اما به لحاظ تنوع و تعداد ایده بهتر از دست‌نگاره عمل نمی‌کند و این احتمال وجود دارد که بنا به فرضیهٔ رابرتسون و راتکِلیف (۲۰۰۹) موجب مرزبندی ایده‌آفرینی، ثبات در ایده‌های اولیه و محدودکردن تفکر طراح گردد. همچنین زمان تولید ایده توسط رایانه در مقایسه با دست‌نگاره بر طبق نتایج کار لورسو و همکارانش (۲۰۲۰) طولانی‌تر از دست‌نگاره باشد (علی پور، ۱۴۰۱).

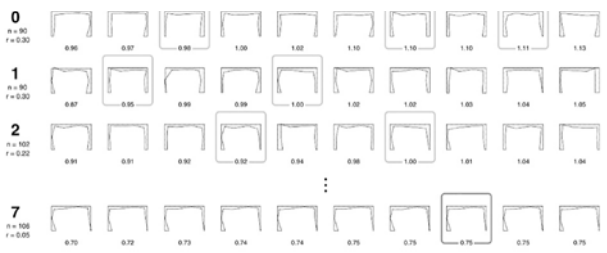
در تحقیقی دیگر که توسط اکسترومر و ورنر انجام شد، آن‌ها با فراهم‌نمودن یک بحث گروهی میان طراحان خبره در نظر داشتند نقش ابزارهای رایانه و دست‌نگاری را در مرحلهٔ ایده‌آفرینی طراحی جست‌وجو نمایند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که ابزار دیجیتالی توانایی این را دارد تا از خلاقیت و اکتشاف در طراحی حمایت کند. آن‌ها می‌توانند ضعف دست‌نگاره‌ها را در عدم سطحِ صداقت بالا و نداشتن بازخوردها روی ایده‌های جزئی جبران کنند. ابزار دیجیتال در بصری‌سازی برخی مفاهیم غیرفیزیکی مثل نور، صدا و بصری‌سازی دقیق مصالح بهتر از دست‌نگاره عمل می‌کنند. این نویسندگان نتیجه گرفتند که فضای راه‌حل با استفاده از ابزارهای مختلف می‌تواند کشف شود. بنابراین طراحان باید مهارت‌ها و دانش ابزارهای مختلف را کسب کنند تا برای مسائل مختلف ایده‌پردازی کارامدتری داشته باشند، زیرا بین وظیفهٔ طراحی و نوع ابزار انتخابی ارتباط و همبستگی وجود دارد و ابزارهای مختلف تکمیل‌کنندهٔ هم در ایده‌آفرینی‌اند. همچنین آن‌ها نتیجه گرفتند که موفقیت ابزار به

مهارت‌های طراح و ترجیحات او وابسته است (۱۳۹۲-۱۳۹۵).

نقش طراحی پارامتریک در مسئله‌گشایی طراحی

رایانه امروز به واسطهٔ چارچوب محاسباتی خود شیوه‌های جدیدی را در تفکر طراحی گشوده است. آن‌ها می‌توانند با داشتن همین قابلیت ایده‌ها و گزینه‌های طراحی را متنوع سازند و با الگوریتم‌سازی پیچیده‌شان به جهانی از فرم‌های ساخت اجازهٔ ظهور دهند (گلدشمیت، ۲۰۱۷، ۸۹-۹۰). طراحی پارامتریک[۴۲] رایانه با در نظرگرفتن محدودهٔ وسیعی از «ویژگی‌های قابل سنجش» توسط خود و «ویژگی‌های غیرقابل سنجش» به واسطهٔ تعامل با طراح، «چرخه‌های بازخوردی» را مطابق «عمل تعاملی‌شان(شون)» به منظور پاسخ‌گویی به مسائل سامان می‌دهد، تا اهداف طراحی توصیف شوند. محاسبات تکاملی به‌عنوان رایج‌ترین روش طراحی پارامتریک به طراح اجازه می‌دهد تا با دستکاری دستی پارامترها، ارزیابی پارامترها، تعیین و تنظیم روابط بین آن‌ها، اصلاح قوانین و تغییر در ارزش‌های مرتبط به مسائل طراحی پاسخ دهد (پنا، کاربالا و همکاران، ۲۰۲۱، ۲).

در طراحی مفهومی با استفاده از محاسبات تکاملی[۴۳] به جز مسئله، طرح و رایانه، داشتن یک یا چند طرح اولیه یا حتی تصادفی و در نظرگرفتن معیار و تابع ارزیابی[۴۴] اهمیت دارد. الگوریتم ژنتیک[۴۵] تاکنون رایج‌ترین شیوهٔ الگوریتم‌سازی در محاسبات تکاملی بوده که پایه کار افزونه‌هایی مانند «گراس هاپر» در برنامهٔ *راینو* می‌باشد. در الگوریتم ژنتیک به‌عنوان یک مدل اکتشاف حل مسئله، نسلی از مواد اولیه که به‌صورت «ژن‌ها» کدگذاری می‌شوند (راه‌حل‌های اولیه) جست‌وجو می‌گردند و نسل‌های بعدی (راه‌حل‌ها) توسط عملیات انتخاب[۴۶]، ترکیب[۴۷]، جهش[۴۸] تولید می‌شوند (جیرو و سادوییکز، ۲۰۱۲، ۱۲۴). طراحی پارامتریک از فرایندهای محاسباتی متنوعی برای خلاقیت و اکتشاف سود می‌برد؛ از جمله فرایندهای انطباق، قیاس، ترکیب، تکامل، اصول اولیه، جهش(انقلاب) و ظهور[۴۹]. جان جیرو «ظهور» را مهم‌ترین فرایند اکتشاف محسوب می‌کند، ظهور خصوصیتی است که تنها به‌صورت پنهانی ظاهر می‌شود و به‌طور واضح و آشکاری ارائه نمی‌گردد و شامل ظهور بصری[۵۰]، ظهور معنایی[۵۱] و ظهور عملکردی[۵۲] است (۱۹۹۶، ۱۴). فرایندهای محاسباتی خلاقانه این قابلیت را دارند تا با مهندسی‌کردن و تکامل ژن‌های اولیه[۵۳] مطابق شرایط تابع ارزیابی، طرح‌های جدید و خلاقانه را تولید کنند. الگوریتم‌های ژنتیک می‌توانند از فرایند ظهور خلاقانه حمایت کنند. دو فرایند پایه‌ای و اساسی در خلاقیت شامل تغییر وضعیت موجود و ایجاد فضاهای طراحی جدید است، که الگوریتم ژنتیک از هر دو این فرایندها با تولید کردن متغیرها، تعیین روابط بین آن‌ها و پیدانمودن



تصویر ۴. رویکرد دوگانهٔ اکتشاف فضا مبتنی بر کاراکترهای زیبایی‌شناسی کیفی کاربر و کارایی اجرا. مأخذ: (کاسترو پنا و همکاران، ۲۰۲۱)

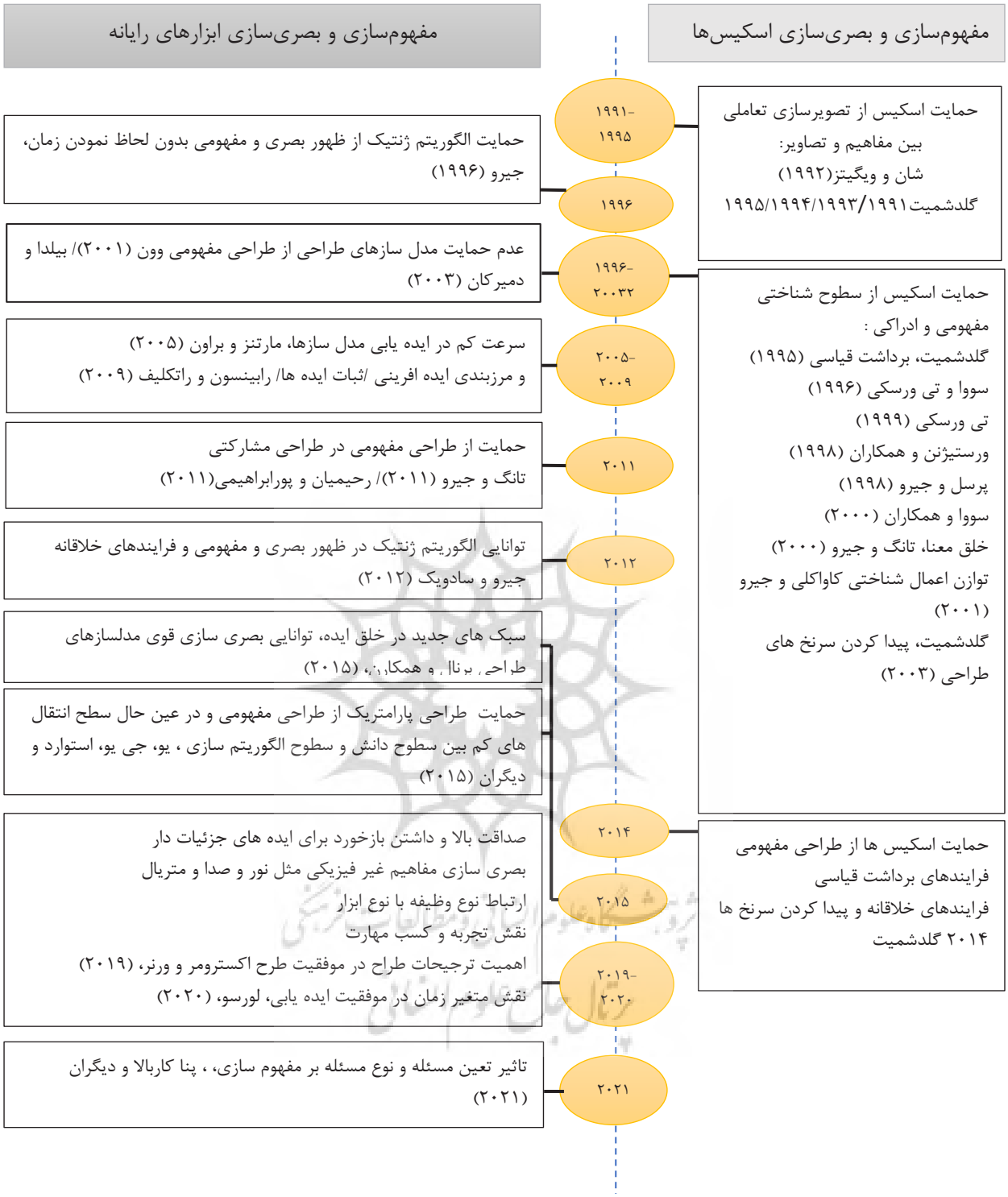
ارزش‌هایی برای برخی از آن متغیرها حمایت می‌کند (همان، ۱۰).

کاسترو پنا و همکاران در مقالهٔ مروری خود به نقش طراحی پارامتریک در مجموعه‌ای از وظایف محدود معماری مانند طراحی فضا، فرم، پلان، نما و چیدمان با ارائهٔ نمونه‌هایی اشاره نمودند. آن‌ها توضیح دادند که محاسبات تکاملی به واسطهٔ گفت‌وگوی تاملی با طراح، فضای مسئلهٔ طراحی را گشایش می‌دهد و بر اهداف طراحی تأثیرگذار است. با این حال مطالعاتی مانند دووتا و سارتاک در مطالعات مروری خود شرح داده‌اند که رویکرد محاسبات تکاملی در حل مسائل طراحیِ بدساختار، بی‌فایده است و زمانی که طیف وسیعی از محدودیت‌ها اعمال شود، آن‌ها ناموفق ظاهر می‌شوند (۲۰۲۱، ۱-۳). دیدگاه گلدشمیت دربارهٔ جایگاه طراحی پارامتریک در مرحلهٔ ایده‌پردازی این است که آن‌ها برای بازرسی محاسباتی می‌توانند مفید واقع شوند واگرچه در بسیاری آثار مدرن نقش طراحی پارامتریک در فرایند طراحی انکارناپذیر است ولی به اعتراف هدایت‌گران چنین پروژه‌هایی، طراحان در مراحل نخست طراحی از اسکیس دستی برای ایده پردازی استفاده کرده‌اند (۲۰۱۷، ۹۰).

رونگرونگ یو و همکارانش در پژوهش تجربی خود با تجزیهٔ پروتکل هشت طراح خبره، آشنا با محیط پارامتریک مدلی را از تکامل همزمان مسئله-راه‌حل در محیط پارامتریک پیشنهاد دادند که شامل سه زیرفرایند است: تکامل همزمان در سطح الگوریتم قوانین، تکامل همزمان در سطح دانش و تکامل هم‌زمان بین دو سطح دانش طراحی و الگوریتم قوانین (یو، جی یو، استوارد و همکاران، ۲۰۱۵، ۴۱-۴۲). این نویسندگان دریافتند که اگرچه فرایند تکامل هم‌زمان در هر دو سطح دانش طراحی و سطح الگوریتم قوانین رخ می‌دهد، اما به دفعات کمی انتقال بین دو سطح متفاوت(سطح الگوریتم قوانین و سطح دانش) اتفاق می‌افتد و اینکه در اوایل فرایند طراحی، فرایند تکامل همزمان در سطح دانش طراحی متمرکز بود، اما با پیشرفت طراحی فرایند تکامل همزمان بیشتر روی الگوریتم قوانین تمرکز داشت (همان، ۴۲-۴۳).

تعامل طراح با رایانه در مسئله‌گشایی

تعامل مطلوب میان طراح و رایانه شاخصه‌ای است که علاوه بر قابلیت‌های ابزار به تعامل‌پذیری[۵۴] آسان انسان با ابزار برای پایه‌ریزی ایده‌ها و به اشتراک‌گذاری آن‌ها اشاره دارد (داوود، السماری و زاوت، ۲۰۱۵، ۵۴۲). در بحث توانایی‌های مربوط به ابزار، لاوسون بیان می‌کند که با وجود پیشرفت‌های اخیر در ساخت قلم دیجیتالی با صفحهٔ هوشمند که نسبت به کاربرد ماوس وضعیت بهتری را ایجاد می‌کنند هنوز این ابزار نتوانسته همانند دست‌نگاره با طراح تعامل مطلوبی برقرار سازند و طراحان برای کار با این ابزار نخست باید بدانند چگونه یک شئ را خلق کنند و در نتیجه این ابزار بیشتر برای ذخیره‌سازی و بازتولید اطلاعات مفید هستند نه ایده‌پردازی (لاوسون، ۲۰۱۲، ۶۸-۶۹). محققان دیگری مانند یاماموتو و همکارانش در سال ۲۰۰۵، با بررسی تعامل انسان با رایانه در مرحلهٔ ایده‌پردازی به این مسئله تأکید کردند که ابزارهای کد برای آنکه بتوانند همانند دست‌نگاره‌ها کمک‌کننده باشند، باید شرایطی را فراهم کنند که کاربران در کار با آن‌ها به شیوه‌های ساخت اشیاء توجهی نکنند و مستقیماً با ایده در تعامل باشند. ابزار باید بتواند توسط شخص نامرئی شود و امکان تعامل بی‌واسطه را با ایده فراهم نماید (علی‌پور، ۱۴۰۰، ۶۷). اصطلاح تجربهٔ شناوری[۵۵] به تعامل مطلوب و قوی طراح با ابزار اشاره می‌کند، که



نمودار ۱. تایم‌لاین نتایج مطالعات مرتبط با توانایی ابزارهای ترسیمی درارتقای سطوح شناخت فرایند طراحی.

به معنای عمیقاً درگیرشدن و غرق‌شدن در عمل طراحی است. تجربهٔ شناوری شامل چهار مؤلفهٔ اعوجاج زمان، تمرکز روی وظیفهٔ در دست، احساس کنترل[۵۶] و رضایت درونی برای انجام کار است. در این میان داشتن مهارت‌های تسلط روی سیستم کد و مهارت‌های ترسیمی طراح نقش کلیدی دارد، زیرا به تمرکز روی وظیفه تشویق می‌شود و راه‌حل‌های پیشرفته را ممکن می‌سازد. از نظر این نویسندگان، طبیعت وظیفه یا مسئلهٔ در دست بررسی، پیچیدگی آن، ضرب‌العجل‌ها و محدودیت‌های زمانی بر تجربهٔ شناوری تأثیرگذارند. «تجربهٔ شناوری» به منزلهٔ یکی از ارکان خلاقیت وابسته به تناسب و تعادل بین مهارت‌های طراح (ازجمله مهارت‌های ترسیمی) و چالش‌های ذهنی طراح برای حل مسئله است (داوود و همکاران، ۲۰۱۵، ۵۵۳-۵۵۴).

بحث

با تفکیک منابع مطالعاتی مبتنی بر محتوای مورد بررسی به ۴ دسته و بازنمایی آن‌ها در قالب جداول تحلیل محتوای قیاسی و سیر تحول یافته‌ها اطلاعات نمودار (۱) به‌دست آمد:

۱. طبقهٔ نخست شامل منابع مطالعاتی هستند که نقش اسکیس در فرایند طراحی را جست‌وجو نموده اند. برای توضیح نقش اسکیس، محققین یا واژگان و اصطلاحات بدیعی را برای نخستین‌بار مطرح نموده‌اند و سایرین بعداً آن را به‌کار گرفتند و یا اینکه منحصراً توسط خودشان مورد استفاده قرار گرفت. به‌عنوان مثال گلدشمیت اصطلاح «استدلال مفهومی» را به‌کار برد که بعدا سووا و تی ورسکی آن را «سطوح شناخت سطح بالا» بیان کردند در جایی دیگر سووا و همکاران آن را «اهداف و ابداعات» نامیدند. همچنین تانگ و جیرو «معنا» را معادل اعمال عملکردی برگزیدند. از طرفی گلدشمیت اصطلاح «استدلال تصویری» را به‌کار گرفت که بعدا سووا و تی وسکی آن را «سطوح شناخت سطح پایین» معادل‌سازی کردند. به علاوه گلدشمیت اصطلاح « محاورهٔ یا دیالکتیک بین استدلال‌های مفهومی و تصویری» را مطرح کرد که هم ارز «انتقال‌های بین سطوح شناختی» سووا و تی ورسکی است. بنابراین به‌طورکلی می‌توان گفت سه مقوله (متغیر) سطح شناخت «مفهومی»، «تصویری-ادراکی» و «محاورهٔ بین این دو سطح شناخت (دانش)» اساس مسئله گشایی طراحی را فراهم می کند که معیاری را برای ما مشخص نمود تا در ادامه توانایی اسکیس‌های دستی و ابزارهای دیجیتالی را بر مبنای آن با یکدیگر مقایسه کنیم.

۲. دستهٔ دوم شامل منابع مطالعاتی هستند که نقش برنامه‌های مدل‌ساز رایانه‌ای را در مرحلهٔ طراحی مفهومی بررسی نمودند. دو مقالهٔ وون (۲۰۰۱) و دمیرکان و بیلدا (۲۰۰۳) حاکی از آن است که برنامه‌های مدل‌ساز آن زمان از توانایی مفهوم‌سازی بسیار کمی برخوردار بوده اند. دو مقالهٔ مارتنز و براون (۲۰۰۵) و رابینسون و راتکلیف (۲۰۰۹) خلق ایده توسط برنامه‌های مدل‌ساز آن زمان را محدود ارزیابی نمودند و به سرعت پایین آن‌ها در ایده‌یابی و بالتبع دیالکتیک ضعیف دانش مفهومی و تصویری اشاره داشتند. در ادامه مقالات پور رحیمیان و ابراهیمی (۲۰۱۱) و تانگ و جیرو (۲۰۱۱) حمایت برنامه‌های مدل‌ساز زمان خود را از مرحلهٔ طراحی مفهومی برای طراحی مشارکتی تأیید نمودند. مقالهٔ پور رحیمیان در کنار مفهوم سازی، تأکید ویژه‌ای بر توانایی بصری سازی برنامه‌های اسکیس زنی واقعیت مجازی داشته است و در مقالهٔ تانگ و جیرو با وجود شواهدی دال بر مفهوم سازی برنامهٔ اسکچ بووک پرو، به قابلیت یالقوه شان در بصری سازی اهمیت داده شد. تانگ و جیرو متغیر (مقوله) «بومیان / مهاجران دیجیتال» را بر موفقیت ابزار تأثیرگذار تشخیص دادند. برنال و همکاران در سال ۲۰۱۵ برنامه‌های مدل ساز را خالق سبک های جدید برای ایده یابی توصیف کردند. دو مقالهٔ بررسی‌شدهٔ ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ نیز دریافتند که موفقیت ابزار منحصر به توانایی ابزار در بصری‌سازی دقیق (مانند نورپردازی، صدا، مصالح)و یا بصری‌سازی مبهم نیست بلکه به نوع مسئله و تعین آن، تجربهٔ طراح و زمان وابسته است و متغیرهای دیگری با متغیر موفقیت ابزار در مفهوم سازی مرتبط است. سیر تحول این مقالات نشان می‌دهد که ابزارهای مدل‌ساز جدید توانایی بیشتری برای مفهوم سازی دارند، هم‌زمان که توانایی بصری‌سازی قوی آن‌ها در برخی مطالعات تأکید شده است. درعین‌حال نویسندگان متغیرهایی را مرتبط با این مسئله معرفی نمودند.

۳. دستهٔ سوم مقالات نقش طراحی پارامتریک را در ایده‌یابی و مسئله‌گشایی جست‌وجو نموده است. مقالات ابتدایی بیان می کنند که الگوریتم‌های محاسبات تکاملی به ویژه الگوریتم ژنتیک از ظهور بصری و معنایی حمایت می کند، با این حال این مقالات تأثیر زمان انجام این کار را نادیده گرفتند. مقالهٔ ۲۰۱۵ رونگرونگ یو و جیرو نقش تسلط بر قوانین الگوریتم‌سازی و در واقع مهارت‌های ترسیم با رایانه را به‌عنوان متغیری مهم مطرح نموده است. مقالهٔ سال ۲۰۲۱ پنا و همکاران نیز مقولات «نوع و تعین مسئله» و «زمان» را بر میزان موفقیت طراحی نقش‌آفرین تشخیص دادند.

جدول ۲. مقایسهٔ ابزارهای ترسیمی در ارتقای سطوح شناختی در فرآیند طراحی.

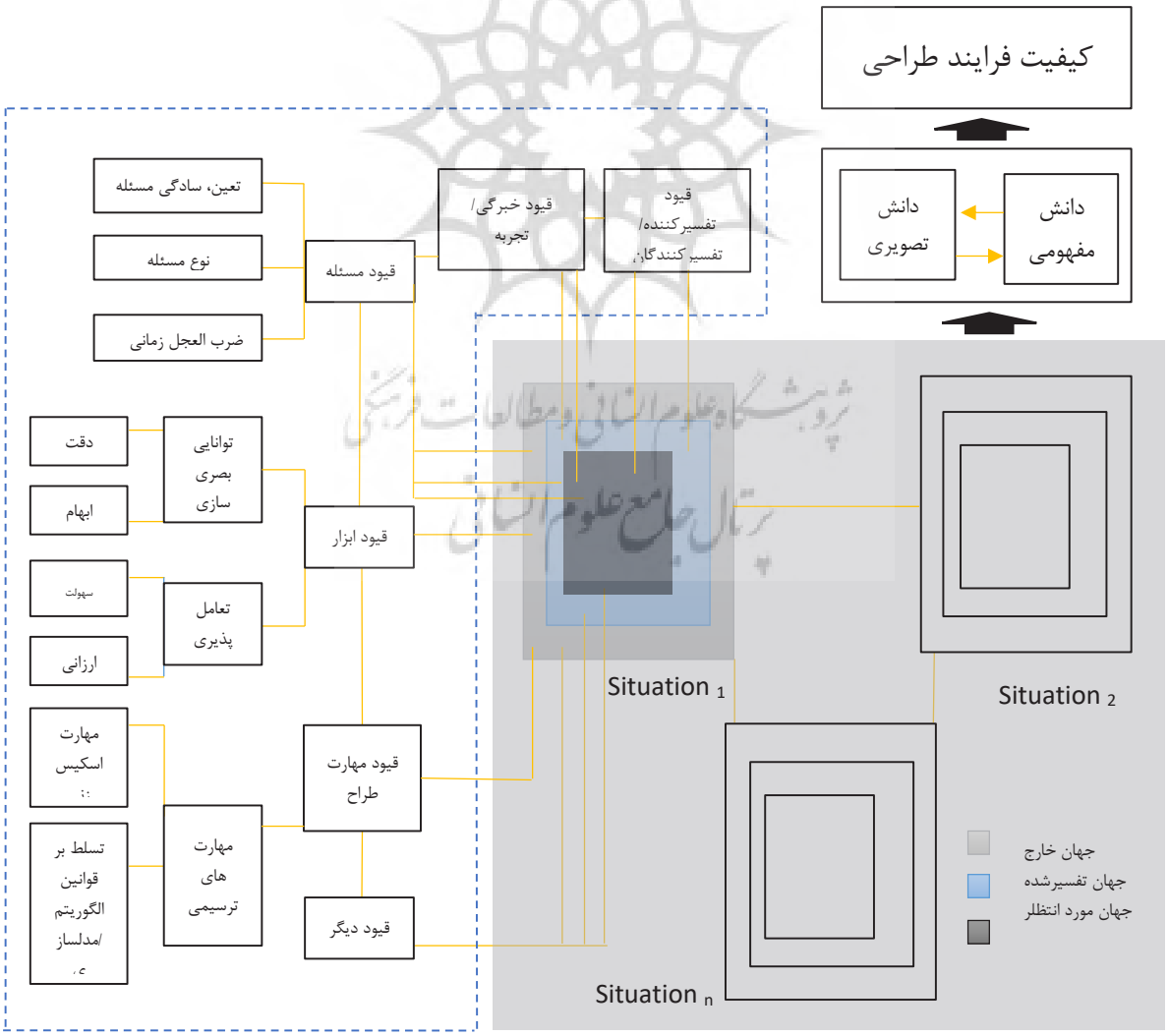
توانایی ابزارهای ترسیمی در ارتقای سطوح شناختی	دانش مفهومی	نقش دست‌نگاره‌ها	- زمینه ساز مفهوم‌سازی و سطوح شناختی بالا (سووا وجیرو وپرسل، کاواکلی وجیرو، تانگ و جیرو، ...) - رابطه اسکیس و تفکر بصری (گلدشمیت و شان) - اسکیس سازندهٔ معنا و مفهوم (تانگ و جیرو)/ ابداعات موقعیتی سووا و همکاران
		نقش برنامه‌های طراحی رایانه‌ای	- ارتقای سطوح شناختی مفهومی و عملکردی به وسیلهٔ نرم‌افزارهای اسکیس‌زنی (جیرو وتانگ، پور ابراهیمی) در طراحی‌های مشارکتی و مسائل معین - ظهور معنایی و عملکردی در طراحی پارامتریک (جیرو)، بدون توجه به زمان - خلق دانش مفهومی در طراحی پارامتریک (رونگرونگ وای یو و دیگران) بدون مقایسه با شرایط دست‌نگاری و زمان - تغییر اهداف در طراحی پارامتریک (کاسترو پنا و دیگران) بدون در نظرگرفتن زمان
	دانش تصویری - ادراکی	نقش دست‌نگاره‌ها	- توانایی مدل‌سازی سریع (زمان کم دستیابی به ایده ، مارتنز و براون، ۲۰۰۵) - تفکر بصری خلاقانه، محرک بصری و برداشت از منبع قیاسی در انتقال شکل‌ها، توانایی در اعمال خلاقانه مانند بازسازی - سامان دهنده نماد طرحواره‌های ذهنی - پیدانمودن سرنخ‌های غیرقابل انتظار(گلدشمیت)
		نقش برنامه‌های طراحی رایانه‌ای	- حمایت از بصری‌سازی مفاهیم غیر فیزیکی مثل نور و صدا - پشتیبانی از بصری‌سازی دقیق مصالح - تسهیل خلق هندسه‌های پیچیده - خلق دانش ادراکی در آزمون تانگ و جیرو، پورابراهیمی و رحمیان، رونگرونگ و همکاران - حمایت از فرایندهای خلاقانه مانند ظهور و فرایند قیاسی در طراحی پارامتریک (جیرو) - خلق دانش ادراکی در طراحی پارامتریک

۴. دستهٔ چهارم مقالات شاخصهٔ تعامل‌پذیری و تجربهٔ شناوری طراح با ابزار را در مسئله‌گشایی طراحی تأثیرگذار ارزیابی کردند. به نظر آن‌ها موفقیت ابزار تنها وابسته به توانایی ابزار (مانند سهولت، ارزانی، سیال‌بودن) نیست بلکه به طراح و مهارت‌های او و تسلط بر قوانین ساخت شی مرتبط است و بنابراین دو متغیر « مهارت طراح / طراحان» را در کنار متغیر «قابلیت ابزار» با اهمیت تشخیص دادند.

با بررسی جداول تحلیل محتوای قیاسی ، به نکاتی در ادامه دست یافتیم. نخست اینکه دست‌نگاره در ارتقای دو سطح شناخت اصلی فرایند طراحی موفقیت‌آمیز عمل می‌کند آن‌ها به‌عنوان یک محرک ادراکی و سرنخ بصری به کشف فضاها، روابط فضایی، ویژگی‌های هندسی و برخی کیفیت‌های بصری کمک می‌کنند. آن‌ها همچنین در مفهوم‌سازی بهتر از ابزار دیجیتال ظاهر می‌شوند و در بسیاری تحقیقات به توانایی‌شان برای ایجاد محاوره بین دو سطح دانش ادراکی و مفهومی اشاره شده است. در مقابل ابزار دیجیتال در شکل‌دهی به اعمال ادراکی مانند بصری‌سازی دقیق مفاهیم غیر فیزیکی مثل نور، بافت و مصالح و ارزیابی محاسباتی دقیق هندسه‌های پیچیده بهتر از دست‌نگاره عمل می‌کنند؛ اگرچه آن‌ها از سرعت، سهولت و ارزانی دست‌نگاره برخوردار نیستند. علاوه بر این‌ها توانایی مفهوم‌سازی ابزار دیجیتال بیشتر در طراحی‌های مشارکتی تأیید گشته است. در کنار این موارد، طراحان در زمان کار با ابزار دیجیتال علاوه بر سطح دانش، مجبورند به سطح قوانین الگوریتم و یا قواعد ساخت شئ بیش از دست نگاره بیندیشند.

می توان نتایج متفاوت پژوهش‌های قبل را با مفهوم «موقعیت‌مندی» مرتبط تشخیص داد و مدل مفهومی قابل توجیهی را از نقش متغیرهای مرتبط با انتخاب ترسیم در فرایند طراحی به‌صورت نمودار (۱) به تصویر کشید. این مدل ارتباط بین قیود(متغیرها) را با سه جهان توصیف شده توسط مدل *FBS* (۲۰۰۴) شرح می‌دهد. هریک از این قیود با مقولات و زیرمقولات دیگر مرتبط است و مجموعه یک شبکه از ارتباطات را می‌سازد. برای جهان خارج بر اساس نتایج تحقیقات قبل سه قید تعریف شده است.

الف) قیود مسئله، شامل نوع، معین و ساده‌ودن و زمان انجام طراحی است؛ ب) قیود مهارت طراح، شامل مهارت‌های طراح مانند تسلط بر قوانین الگوریتم یا مدل‌سازی و اسکیس‌زنی است؛ ج) قیود ابزار، با متغیرهایی مانند تعامل پذیریِ ابزار و توانایی ابزار مرتبط است. مقوله تعامل‌پذیری ابزار خود وابسته به سهولت و ارزانی است و مرتبط با قیود طراح است و توانایی‌های بصری ابزار مرتبط با بصری‌سازی دقیق مانند نورپردازی مصنوعی دقیق، صدا و غیره و یا بصری‌سازی مبهم است.



نمودار ۳. فرضیهٔ تحقیق.

همچنین جهان تفسیرشده و جهان مورد انتظار در ارتباط با قیود «خبرگی» و قیود «تفسیرکنندگان» است. به همین دلیل است که می‌بینیم نتایج طراحی مشارکتی متفاوت از نتایج آزمون‌های فردی است.

بنابراین شبکه‌ای از ارتباطات بین متغیرها، موقعیت‌ها را می‌سازد. (موقعیت ۱، موقعیت ۲، ... موقعیت n) که به همدیگر مربوط‌اند و خالق محاورهٔ دانش مفهومی و تصویری (ادراکی) طراحی هستند. قطعاً متغیرها (قیود) دیگری هم وجود دارند که شبکهٔ ارتباطی آن‌ها با تغییر هر متغیر نتیجهٔ متفاوتی در کل مجموعه حاصل می‌دهد. بر این اساس مفهوم موقعیت مند بودن ابزار را به این صورت تعریف شد: «انتخاب هوشمندانهٔ ابزار بر اساس فضای وضعیت مسئله در طول فرایند طراحی، با توجه به قابلیت‌های مکان، زمان، طراح / طراحان (تفسیرکنندگان)، ابزار، خبرگی، تجربه و دیگر عوامل مرتبط.»

نتیجه

از بررسی مجدد مسئلهٔ پژوهش و آنچه در بحث بدان اشاره شد، می‌توان استنباط نمود پاسخ به این پرسش که «کدام یک از ابزار دست یا رایانه در مسئله‌گشایی اوایل طراحی مناسب‌تر است؟» جواب واحد و مطلقی ندارد. در حقیقت هستی‌شناسی طراحی مفهومی تنها به قابلیت ابزار در ارتقای سطوح شناخت سطح بالا (مفهوم‌سازی) وسطح پایین (بصری‌سازی)، آن‌گونه که در اکثر تحقیقات اصیل قبلی به آن تأکید گردیده متکی نیست، بلکه شبکه‌ای از قیود مانند نوع مسئله یا وظیفه، میزان تعین و سادگی مسئله، تعامل‌پذیری ابزار، ضرب العجل‌های زمانی، مهارت طراح و خبرگی او، تفسیرکنندگان (طراحی فردی یا تیمی) و بسیاری قیود دیگر در این میان نقش‌آفرین هستند. در نتیجه نمی‌توان برای مسئله‌گشایی طراحی مفهومی ابزار مشخصی را تجویز کرد، بلکه طراح بر اساس فهم موقعیت‌سنج خود از وضعیت و شرایط طراحی باید تصمیم بگیرد. فرضیهٔ مطرح‌شده در این مقاله می‌تواند عنوان موضوع تحقیقی مطالعات تجربی در آینده گردد تا متغیرهای بیشتر و شرایط متفاوت تر در آزمون‌ها لحاظ گردد.

پی‌نوشت‌ها

1. Computer Aided Design. 2. Virtual Reality.
3. Yale. 4. Conceptual Design.
5. Undetermined.
6. Co-evolution of Problem-Space.
7. J. Poon & M. L. Maher. 8. Situated nature.
9. Local design problem. 10. Local network.
۱۱. از جمله اصطلاح «pensieri» به معنای اندیشیدن.
12. Visual thinking. 13. Representations.
14. Seeing as. 15. Seeing that.
16. Figural Concept.
این اصطلاح نخستین‌بار توسط فیشبین و ماریوتی مطرح شد.
17. Cognitive Levels. 18. Physical Actions.
19. Perceptual Actions. 20. Functional Actions.
21. Conceptual Actions.
22. Coexistence of Cognitive Actions.
23. Unexpected Discoveries. 24. Situated Inventions.
25. Unexpected Cues. 26. Schemata.
27. Precedents. 28. Semantic Knowledge.
29. Visual Imagery. 30. Interpretation.
31. Reversal. 32. Restructuring.
33. Source Situation. 34. Target Situation.
35. Computer- Aided Conceptual Design.
36. Pro-E. 37. Design Apprentice Software.
38. Computer Aided Sketching.
39. Sketch Book Pro. 40. Digital Native.
41. Digital Immigrant. 42. Parametric Design.
43. Evolutionary Computing. 44. Fitness Function.
45. Genetic Algorithm. 46. Natural Selection.
47. Crossover. 48. Mutation.
49. Emergence. 50. Visual Emergence.
51. Visual Semantic Emergence.
52. Function Emergence. 53. Engineered Genes.
54. Interactivity. 55. Flow Experience.
56. Sense Of Control.

فهرست منابع

شریف، حمیدرضا؛ عبداله پوررفیعی، نگین (۱۴۰۱)، نقش نرم‌افزارهای دست‌نگاری رایانه‌ای (CAS) در مرحله ایده‌پردازی فرایند طراحی، *صفه*، ۳۲(۳)، ۱۹-۳۰. doi: https://doi.org/10.52547/sofeh.32.3.19

علی‌پور، لیلا (۱۴۰۰). جایگاه رایانه در ایده‌آفرینی طراحی. *صفه*، ۳۲(۲)، ۵۷-۷۰. doi: https://doi.org/10.52547/sofeh.32.2.57

Bernal, M., Haymaker, J. R., & Eastman, C. (2015). On the role of computational support for designers in action. *Design Studies*, 42, 163-182. doi:10.1016/j.destud.2015.08.001

Bilda, Z., & Demirkan, H. (2003). An insight on designers' sketching activities in traditional versus digital media. *Design studies*, *24*(1), 27-50. doi:10.1016/S0142-694X(02)00032-7

Cross, N. (1999). Natural intelligence in design. *Design studies*, *20*(1), 25-39. https://doi.org/10.1016/S0142-694X(98)00026-X

Dorst, K. (2004). On the problem of design problems-problem solving and design expertise. *Journal of design research*, *4*(2), 185-196. https://www.creativityandcognition.com/cc_conferences/cc03Design/papers/23DorstDTRS6.pdf

Dorst, K. (2006). Design problems and design paradoxes. *Design Issues*, *22*(3), 4-17. https://doi.org/10.1162/desi.2006.22.3.4

Dawoud, H. M., Al-Samarraie, H., & Zaqout, F. (2015). The role of flow experience and CAD tools in facilitating creative behaviours for architecture design students. *International Journal of Technology and Design Education*, 25, 541-561. doi:10.1007/s10798-014-9294-8

Ekströmer, P., & Wever, R. (2019). "Ah, I see what you didn't mean" exploring Computer Aided Design tools for design ideation. *The Design Journal*, 22(sup1), 1883-1897. doi:10.1080/14606925.2019.1595031

Goldschmidt, G. (2017). Manual sketching: Why is it still relevant?. *The Active Image: Architecture and Engineering in the Age of Modeling*, 77-97. doi:10.1007/978-3-319-56466-1_4

tual design. A review of its use in architecture. *Automation in Construction*, *124*, 103550. doi:10.1016/j.autcon.2021.103550

Peterson, M. A., Kihlstrom, J. F., Rose, P. M., & Glisky, M. L. (1992). Mental images can be ambiguous: Reconstruals and reference-frame reversals. *Memory & Cognition*, *20*(2), 107-123. https://doi.org/10.3758/BF03197159

Purcell, A. T., & Gero, J. S. (1998). Drawings and the design process: A review of protocol studies in design and other disciplines and related research in cognitive psychology. *Design Studies*, *19*(4), 389-430. https://doi.org/10.1016/S0142-694X(98)00015-5

Robertson, B. F., & Radcliffe, D. F. (2009). Impact of CAD tools on creative problem solving in engineering design. *Computer-aided design*, *41*(3), 136-146. doi:10.1016/j.cad.2008.06.007

Rahimian, F. P., & Ibrahim, R. (2011). Impacts of VR 3D sketching on novice designers' spatial cognition in collaborative conceptual architectural design. *Design Studies*, *32*(3), 255-291. doi:10.1016/j.destud.2010.10.003

Schon, D. A., & Wiggins, G. (1992). Kinds of seeing and their functions in designing. *Design Studies*, *13*(2), 135-156. https://doi.org/10.1016/0142-694X(92)90268-F

Suwa, M., Gero, J., & Purcell, T. (2000). Unexpected discoveries and S-invention of design requirements: important vehicles for a design process. *Design Studies*, *21*(6), 539-567. doi: 10.1145/257089.257255

Suwa, M., & Tversky, B. (1996, April). What architects see in their sketches: Implications for design tools. In *Conference Companion on Human Factors in Computing Systems,* 191-192.

Tang, H. H., Lee, Y. Y., & Gero, J. S. (2011). Comparing collaborative co-located and distributed design processes in digital and traditional sketching environments: A protocol study using the function–behaviour–structure coding scheme. *Design Studies*, *32*(1), 1-29.26. doi:10.1016/j.destud.2010.06.004

Tang, H. H., & Gero, J. S. (2001). Sketches as affordances of meanings in the design process, 1-12

Tversky, B. (1999). What does drawing reveal about thinking. In *Visual and spatial reasoning in design*. University of Sydney, 1-8.

Yu, R., Gu, N., Ostwald, M., & Gero, J. S. (2015). Empirical support for problem–solution coevolution in a parametric design environment. *AI EDAM*, 29(1), 33-44. doi:10.1017/S0890060414 00316

Won, P. H. (2001). The comparison between visual thinking using computer and conventional media in the concept generation stages of design. *Automation in Construction*, 10(3), 319-325. doi:10.1016/S0926-5805(00)00048-0

Yamamoto, Y., & Nakakoji, K. (2005). Interaction design of tools for fostering creativity in the early stages of information design. *International Journal of Human-Computer Studies*, *63*(4-5), 513-535. doi:10.1016/j.ijhcs.2005.04.023

Goldschmidt, G. (1991). The dialectics of sketching. *Creativity Research Journal*, 4(2), 123-143. doi:10.1080/10400419109534381

Goldschmidt, G. (2014). *Modeling the role of sketching in design idea generation.* In An anthology of theories and models of design, Springer, London, 433-450. doi:10.1007/978-1-4471-6338-1_21

Goldschmidt, G. (2008). Visualization-Sketching is alive and well in this digital age. In *Design Processes*, IOS Press, 28-43.

Goldschmidt, G. (2003). The backtalk of self-generated sketches. *Design Issues*, *19*(1), 72-88. doi:10.1162/0747936037626 6 7728

Goldschmidt, G. (1994). On visual design thinking: the vis kids of architecture. *Design Studies*, 15(2), 158-174. https://doi.org/10.1016/0142-694X(94)90022-1

Goldschmidt, Gabriela. Visual displays for design: Imagery, analogy and databases of visual images. *Visual databases in architecture 1*, 53-74. https://www.academia.edu/118877 44

Kavakli, M., & Gero, J. S. (2001). Sketching as mental imagery processing. *Design Studies*, 22(4), 347-364. https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00002-3

Gero, J. S. (1996). Computers and creative design. *The global design studio, National University of Singapore*, 1-15.

Gero, J. S., & Kannengiesser, U. (2014). The function-behaviour-structure ontology of design. In *An anthology of theories and models of design: philosophy, approaches and empirical explorations,* London: Springer London, 263-283. doi:10.1007/978-1-4471-6338-1_13

Gero, J. S., & Sudweeks, F. (Eds.). (2012). *Artificial Intelligence in Design'96*. Springer Science & Business Media.

Gero, J. S. (1998). Towards a model of designing which includes its situatedness. *Universal Design Theory, Shaker Verlag, Aachen*, 47-56.

Gero, J. S., & Kannengiesser, U. (2000, June). Towards a situated function-behaviour-structure framework as the basis of a theory of designing. In *Workshop on Development and Application of Design Theories in AI in Design Research, Artificial Intelligence in Design'00,* at Worcester, MA, pp. gk, 1-5.

Lawson, B. (2005). *How designers think*. Routledge.

Lawson, B. (2012). *What designers know*. Routledge.

Lorusso, M., Colombo, G., & Rossoni, M. (2020). Conceptual Modeling in Product Design within Virtual Reality Environments: Interaction and Geometry Representation. In *CAD'20 Proceeding* (pp. 162-166). doi:10.14733/cadaps.2021.383-398

Martens, B., & Brown, A. (Eds.). (2005). *Computer Aided Architectural Design Futures 2005: Proceedings of the 11th International CAAD Futures Conference Held at the Vienna University of Technology, Vienna, Austria, on June 20-22, 2005*. Springer Science & Business Media. doi:10.1007/1-4020-3698-1

Pena, M. L. C., Carballal, A., Rodríguez-Fernández, N., Santos, I., & Romero, J. (2021). Artificial intelligence applied to concep-