

设计科学的内涵、研究对象及方法

侯悦民^{1,2}, 季林红²

1. 北京信息科技大学机电学院, 北京 100192

2. 清华大学机械系, 北京 100084

摘要 设计科学已有几十年的研究历史,但近年其含义发生一定变化,其研究趋势也从各个层面、各个领域的设计研究发展为设计科学系统理论。本文基于 *Design Science* 杂志 2015 年创刊号上发表的主编文章“Design Science: Why, What and How”, 分析、归纳设计科学的内涵、研究对象、研究内容、研究方向、研究方法。

关键词 设计;设计科学;设计的科学

国际设计学会 2015 年创办了 *Design Science* (《设计科学》) 杂志,在创刊号的首篇发表了“Design Science: Why, What and How”一文,在这篇 39 页的文章中,《设计科学》主编 Panos Y. Papalambros 等 29 位设计研究领域的学者发表了对设计科学研究的看法,本文分析、归纳该文各学者的观点,以描绘设计科学研究的蓝图。

1 设计科学的内涵

迄今,设计研究界对何谓设计科学尚未形成共识。Papalambros 将“设计”定义为“设计既是技艺也是科学”,认为设计科学旨在研究如何创制人工物品并将其融于我们的物质生活、心理、经济、社会和虚拟世界。

“设计既是技艺也是科学”,该文多位专家重复了这个定义。例如, Kristi Bauerly 认为,设计作为艺术,其内涵是产生创意;设计作为科学,其内涵是分析、评估、预测和优化这些创意的潜在价值和性能。这个观点可以理解为产品结构源于思维,属于艺术;而产品方案的比较和选择则基于科学方法和计算,属于科学。

如果从这个观点出发,设计科学的内涵就是基于分析的设计以及对设计思维及设计过程的认知研究。实际上,“基于分析的设计”和“设计认知”是当前设计研究的主流研究轨道。目前设计认知主要是从心理学、生物学、脑神经科学、认知科学等不同视角考查设计。但这个观点没有回答结构是如何形成的。虽然结构的形成是思维的产物,但其原理需既符合自然规律又符合社会规律。这是设计科学与自然科学

和社会科学的本质区别。

对“设计包含人工制品的创制、及其与社会的融合”2 个层面, Papalambros 认为前者关切设计的本质问题,后者指明了设计科学与自然科学的区别所在。

Saema Ahmed-Kristensen 侧重于人工制品创制层面,认为设计研究应着重于理解产品复杂性、理解设计者、理解用户、理解设计过程以及组织活动;设计科学不仅使用其他科学的方法研究设计问题,而且所提出的研究方法应该影响其他学科的研究,最终可以促进开发新一代产品;脑神经研究、新技术、能够解释设计过程的新设计研究范式 3 个方向的发展将促进设计研究,可概括为设计认知、技术工具、科学的研究范式。后者超越了用科学方法研究设计的范畴,突出体现了设计科学与心理学、管理科学及其他社会科学研究方法的区别。

Amresh Chakrabarti 对设计科学的定义比较宽泛,认为设计科学是探索设计以及更好地支持设计的各个方面之间关系的知识。这个定义可以用 Herbert Simon 在《人工科学》一书中对设计科学的论述加以概括:“设计科学是关于设计的知识体系。”Amresh Chakrabarti 对设计的定义也比较宽泛:“设计是制定一个可以实施的计划,促成目标达成,没有不足则无需设计,设计本身不能促成变化,设计的实现和实施方案方能促成变化。”这个观点将设计的范畴从“物”扩展到“事物”层面,超越了传统以“物”为核心的设计理念。

Terry Knight 认为设计科学指“设计的科学”,而不是设计本身是科学,其内涵遵从 Herbert Simon 关于人工科学的论

收稿日期:2017-09-24;修回日期:2017-10-16

基金项目:北京市自然科学基金项目(3172014);国家自然科学基金项目(51175284)

作者简介:侯悦民,博士,研究方向为设计科学、生物启发的设计理论和算法,电子邮箱:hym01@mails.tsinghua.edu.cn

引用格式:侯悦民,季林红. 设计科学的内涵、研究对象及方法[J]. 科技导报, 2017, 35(22): 101-104; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2017.22.013

述。然而关于何谓设计科学, Herbert Simon 并没有清晰的论述, 其有时指设计过程本身, 有时指设计理论。但有一点很明确, 即设计应该严谨。但在设计语境下, 严谨的含义不同于自然科学, 设计作为科学只是部分地可形式化, 部分地可验证。这个观点与“设计既是技艺也是科学”相呼应。设计作为科学的部分是硬性的, 可形式化、可分析、可验证, 而设计作为技艺的部分则是软性的。

那么, 设计科学是“设计的科学”还是“设计科学”? Colleen Seifert 认为“设计的科学”是将设计作为研究对象, 科学探索影响设计的各种因素、创意来源、如何培育和实施及其思维过程、交流模式。Pieter E. Vermaas 认为, 用科学方法研究设计不等于设计是科学活动, 如同用科学方法研究动乱不等于动乱是科学活动。据此, 设计的科学可以理解为对设计的科学研究, 而设计科学可以理解为在某种意义上设计本身是科学活动, 不仅仅是应用科学方法和科学知识。在此意义上, 设计科学的内涵比设计的科学更广。当前大部分学者的观点是设计科学指设计的科学。

Sean Hanna 认为, 设计科学是新的科学, 设计潜在地涉及所有使我们之所以成为人的认知特质, 超越任何其他人类活动, 设计的效应实实在在地影响我们的世界, 因此, 如果我们方法能够真正理解设计过程, 那设计科学必将是超越其他科学领域的科学。

归纳上述观点可以得出以下结论: 设计科学是关于设计的知识体系; 与自然科学的区别在于其既符合自然规律还需满足社会规律; 与心理学、管理科学及其他社会科学的区别在于其不仅是将设计作为研究对象, 而且设计本身部分是科学活动; 设计科学无法归类于现有的科学分类, 也不是集成现有的学科, 而是超越自然科学和人文社会科学边界的新科学。

2 设计科学的研究对象、内容和方向

Yong Se Kim 认为, 设计研究的对象不仅包括“产品”也包括“服务”, 即设计对象既包括“物”也包括“事”。

Yan Jin 认为, 设计科学涉及行为、物理 2 个层面。行为是设计者的行为, 由设计者的社会和心理背景所决定, 因此设计科学需要深入研究感官和精神状态对设计者决策的影响; 物理层面是指人工制品和环境的界面, 即设计研究对象既包括“设计者”也包括“物”。

Mitchell M. Tseng 认为, 设计科学应该将用户纳入设计模型, 包括用户需求特征、用户参与的设计过程、个性化和经济规模、用户适用性, 即设计研究对象包括“用户”。

1) 对“人”的研究内容包括多个方面。

Jonathan Cagan 认为, 设计科学应该研究人如何构成动态设计空间、克服设计固着性、发挥创造性。目前的研究过于注重分析对象的行为、性能和产生原因, 对如何做出符合预期行为的产品等方面的研究重视不够。

Colleen Seifert 着眼于设计的科学, 认为其研究的问题包

括: 好的想法来自何处? 如何实现? 在将真正创新的想法付诸于实践这个过程中, 经历了何种个体思维和群体合作思维? 为了回答这些问题, 需要有科学探索的工具, 要如同“显微镜”一般, 仔细观察探究设计部门、设计公司是如何诞生一个成功的设计的。而这需要使用科学的方法, 通过系统观察和实验测试, 找出影响设计的因素。如同心理学、医学和生态学的研究模式, 将设计作为科学研究的对象。设计的科学应能告诉我们, 什么促成优秀设计, 如何指导设计者、团队和组织创造最好的设计。将设计的科学作为一个学科, 可以深入理解是何种因素成就优秀设计, 为了培养优秀设计需要什么样的知识基础和机构。

Marco Cantamessa 认为, 认知神经科学和大数据将对设计研究产生显著影响, 前者有助于深入了解设计者的行动; 后者有助于在不干扰设计者的情况下获取数据和分析设计过程数据。

2) 对“事”和“物”的研究内容包括产生物的过程以及人-物的交互。

Bernard Yannou 认为, 设计包括创造物品、服务以及任何人造社会-技术系统, 既包括结果也包括过程, 既要满足空间也要满足时间要求。时间意味着新产品在服役期间保证性能和质量, 而在退役后利于可持续环境。空间意味着新产品具有普适性, 可服务于不同文化人群的需求、服务于不同地域以及具有不同形态。设计科学包括商业模式也包括管理方式, 例如商业策略、技术规划路线、前端创新策略和项目、信息管理、创新文化和过程。总之, 设计包罗万象。

Ashok K. Goel 强调了认知设计和自然设计(生物启发的设计) 2 个层面的新兴设计研究, 认为设计包含“人”和“物” 2 个层面。

Wei Chen 认为, 设计科学研究应该揭示和应对设计中的交叉学科问题, 并提出一个集成各个学科原理、方法、工具的框架, 其侧重于多学科及设计和优化领域中的数学模型、解耦、通讯方式、算法, 即设计采用的科学方法。

P. John Clarkson 认为, 目前对“设计过程产生设计”已形成共识, 但对“如何抓住能够产生好设计的设计过程的特征”尚未定论。尽管提出了各种各样的理论和方法, 但是各不相同, 实际上很难说哪个方法真的可以帮助设计出好的产品。

Udo Lindemann 认为, 设计研究应该全方位发展促进创造性的科学基础, 设计是严谨的试验, 是科学, 也应该与工业、经济、社会、人文和环境相关联。即设计研究包括人与环境的交互效应。

Chris McMahon 认为, 目前的设计研究有些避重就轻, 研究人员都固守在狭窄的领域, 避开实际问题, 取得的成果不具备一般性和通用性。但实践中实施创新设计风险大、成本高, 也难以出成果, 其原因是: ①知识产权壁垒造成知识不流通、不共享; ②对设计问题域认识不够; ③研发的方法和工具只能用在特例不具备可信性。今后应该提出新的设计范式, 并启发和鼓励大众参与设计、推动社会变革。

Pieter E. Vermaas 认为,设计研究应该产生有利于人类福祉和生存的知识。

综上所述,目前设计科学研究的主流可分为基于心理学和认知科学等的设计认知、基于分析的设计两大类。目前有少许学者开展了预期行为演化为结构的客观依据(而非行为结构匹配映射)研究,该文未涉及这一部分研究。在此框架下,设计科学的研究对象是设计,既包含“物”也包含“事”,也包括作为设计者和使用者的人,即人-事-物组成的系统。设计科学研究内容包括设计所涵盖的人-事-物动态系统方方面面的知识、方法、工具等,包括管理。设计科学研究方向是创造使人类社会与自然世界和谐的人工制品的知识。

3 设计科学的研究方法

Pieter E. Vermaas 认为,作为新的科学,设计研究应与已有科学区别开来,具有自己独立的科学位置,并制定判断优秀设计研究的准则和验证其知识的方法。设计科学目前所处的位置有点类似人文学科当初找到自己在科学中的定位,不是用主流物理学研究范式作为研究方法,而是指出在何种意义上人文学科是科学。

Jean-Francois Boujut 认为,不能将设计视为不同领域各自的研究问题,设计也远远超越了满足物理性能的范畴。设计科学需要以目标和目的为导向的统—的研究方法,而非方法和工具。

Steven M. Smith 认为,设计作为科学,其研究应该用科学方法。科学方法包括理论和学说,基于理论和学说得出可实验验证的猜想、对猜想进行验证、系统分析实验观察的现象、用基于观察获得的结果评价理论学说的正确性和准确性。现在设计研究普遍采用一种“如果这么做会怎样”的形式,这样做很难建立一个称其为科学的设计科学。所谓科学是有经得起测试的理论、研究必须集中在窄而受限的模型、模型必须可以得出经得起科学检验的预测。简言之,设计科学应该是可操作的理论和模型,这些理论和模型可以解释观察的现象,并可预测发生的现象。

Alex Duffy 提出,建立科学的设计研究需解决2个关键问题:①理解设计的科学本质;②这种理解可以凝聚为一个学说。仅仅具有对设计的基本认识不足以建立设计科学体系,需要整合集成设计的不同层面凝聚为一个体系。

Kristin L. Wood 认为,设计是理论和现实之间的桥梁。通过设计,我们的想法融入社会、影响社会;通过设计,社会影响我们的想法。设计科学研究是设计的科学的研究,其特点包括:①系统性研究、辨识、认识其内在机制和原理,例如 TRIZ;②指导性,例如设计作为人工制品或服务的问题关联性、设计评价、贡献分析等,设计作为探索过程的研究交流等;③科学方法和相关设计研究方法的应用,既包括归纳方法也包括演绎方法;④设计过程、理论、方法和实践的研究进展;⑤多学科合作和多学科方法,设计科学知识的创造、验证

和转化;⑥从设计作为人类探索活动及设计影响人类生存和社会的角度,探讨设计与人文学科、艺术和社会科学具有的伴随性和内在相关性。

Kristin L. Wood 提出,可以从不同维度发展和培育设计研究的网络。应重点关注以下方向:①设计研究应该结合技术发展、服务、工业和社会需求的重大问题;②设计研究的领域和渠道。设计研究领域对提升设计科学非常重要,并最终影响设计实践。设计包括发现机遇到实施和维护形成完整价值链,决定了众多可能性和可以从事的领域,为设计科学研究提供了实施途径;③技术、工业和社会重大问题的多学科项目与设计研究领域和渠道相互作用将形成一个正向和反向反馈系统。致力于解决技术、工业、社会重大问题,其成果对发展设计理论、原理、工程和方法提出新的要求;致力于具体设计领域的研究,其对重大问题的解决方案具有更深远的意义;④趋同研究(穿越学科边界的工具和知识)。设计研究是传统学科研究和当代趋同性研究的平衡,即具有更高层次的集成性研究。其表现形式为:多学科、跨学科、交叉学科。设计科学研究群体有机会也有必要以新的方式探索、构建、测试、研究和实践趋同性研究的机制;⑤大数据设计,即以广阔的视角理解进行设计科学研究,包括技术密集型设计、建筑设计、工业设计、产品设计、软件设计、服务设计和系统设计,囊括概念、研发、原型、制造、运行、维护、回收、重用和整体可持续性完整价值链,融合艺术、人文和社会科学与科学;⑥设计的认识论关系。如设计科学与自然科学、社会科学和工程科学的关系,明确这些关系对从事设计科学研究非常有价值;⑦顶尖设计,应该是跨越学科的、难解的,对社会具有影响力或能够在某种程度改变社会,能够被社会或群体所认可和接受,需要创新方案方能解决。将设计科学知识应用于实践的顶尖设计将大力推动设计科学研究;⑧普适设计实践。在当今全球性的背景下,响应、机动、劳动力变化和可持续性,要求跨组织和职业的设计能力、设计技能和观念。新的设计知识以及教育方式需要为所有人服务,因此设计管理显得越来越重要。

Yoram Reich 认为,与其展望设计科学的未来,不如“设计”设计科学的未来。如今科学的含义已经超越了传统的“观察自然、归纳科学定律”的范畴。设计科学经历了从实用性到学术性的转换,前者可称为设计的科学,后者可称为设计科学。不过这样分类并没有回答关键问题:设计科学目标是什么?为了达到这个目标,如何“设计”这个学科?作为科学,应该首先提出服务于这个目标的假说和猜想,在目标和猜想之间的距离不应该遥不可及,其关联性应该是清晰并可接受的。最后,采用的研究方法应该能证明如何能验证这个假说。如果认为设计科学的目的是提升大规模系统的设计实践,那么5个设计人员是一个恰当的设计队伍。验证研究成果的方法是描述一个真实的设计项目实例,这个项目按照提出的理论方法进行,如果提出的设计科学的理论确实改进

了设计实践活动,实验设置应该提供一个能够支持假说猜想的结论,并且规定其理论方法的应用范围和失效条件。

综上所述,设计科学需要符合科学规范的研究方法,然而并非采用当前主流科学范式,因为科学的含义在与时俱进;设计科学应采用新的研究范式,区别于自然科学、人文科学、工程科学等已有科学。

4 设计科学的学科建设

Amaresh Chakrabarti 认为,设计科学是探索设计及支撑设计的各个方面之间关系的知识的活动。作为科学,如同 Simon 所说,科学研究第一步是分类学。作为设计科学,第一步是建立关于设计相关现象的学科分类;第二步是建立设计科学领域的学科分类;第三步是依据以上学科分类建立设计研究文献库;第四步是编纂每一学科领域研究文献中用到的词汇、概念和术语的词典。

Lin-Lin Chen 认为,建立一个学科需 5 个步骤:第一步是形成专业期刊;第二步是建立专业学会;第三步是有具体研究机构从事这个学科研究;第四步是建立知识体系;第五是共享知识体系,推动学术发展。

Yukari Nagai 认为,设计科学的研究应具备 3 个方面的特点:①长远性。这样有助于深入理解创造性,不受当下政治和经济政策对创造性的影响;②创造性。设计包括创造性思维,创造性思维强化了自我塑造,因此,可以通过自我塑造来认识设计创造性的本质,这需要发展恰当的方法学;③批判性和交互性。批判性指对产品提出评价,交互性指与包括工程师、设计师、技工、管理人员、用户等多方面人群交流推动社会变革。

设计科学的学科建设需要在学术和管理两个层面进行。在学术层面,建立设计现象的分类、设计研究领域的分类、研究文献库及术语;在管理层次,建设学术期刊、专业学会、研究机构,发展知识体系及建立知识共享体系。此外,由于设计本身的创造性特点,设计科学学科体系应具有前瞻性、批判性、进化型等特点。设计科学的学科建设体系如图 1 所示。

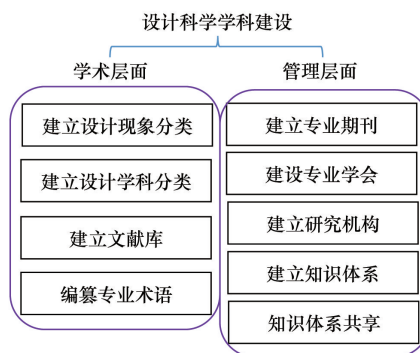


图1 设计科学的学科建设

5 结论

设计科学作为设计研究领域已具有几十年的历史,但近年其含义发生明显变化。当前,设计研究的趋势是从科学层面将各个层面、各个领域的设计研究发展为设计科学系统理论。

设计科学是关于设计的知识体系,这基本上是各种观点的共识。争论焦点在于:是将设计作为科学研究对象还是以科学的方法研究设计?简单地讲,是设计的科学还是设计科学?在这一点上并未达成共识。一种观点认为,设计科学经历了从实用性到学术性的转换,前者可称为设计的科学,后者可称为设计科学。另一种观点认为设计科学是设计的科学,是对设计进行科学探索。但在很多情况下,二者含义兼而有之。设计科学与自然科学的区别在于其既符合自然规律还需满足社会规律,与心理学管理科学及其他社会科学的区别在于其不仅是将设计作为研究对象,而且设计本身部分是科学活动,设计科学是超越自然科学和人文社会科学边界的新科学。

目前设计科学研究主流可分为基于心理学和认知科学等的设计认知、基于分析的设计两大类。在此框架下,设计科学设计对象是设计,包含“物”、“事”和“人”。设计科学研究内容包括设计所涵盖的人-事-物动态系统的知识体系。设计科学研究方向是创造使人类社会与自然世界和谐的人工制品的知识。设计科学研究方法并非采用当前主流科学范式,而需发展新的研究范式。

On design science

HOU Yuemin^{1,2}, JI Linhong²

1. Electric and Mechanical Engineering School, Beijing Information Science and Technology University, Beijing 100192, China
2. Department of Mechanical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract The design science is not a new discipline but its contents undergo a change in the recent decade. Its focus changes from a coverage of almost all aspects relevant to the design process and the product design, to related scientific theories and methods. The frontier of the design science is to develop systematic theories and methods of design as a science. The Design Society launched a new journal named “Design Science” with an editorial article “Design Science: Why, What and How”, and a discussion of 29 authors on the design science, which are reviewed in this paper.

Keywords design Science; research roadmap; research object; research method

(责任编辑 陈广仁)