

# 基于图像数据挖掘的产品设计方法研究

李月恩, 韩新志

山东建筑大学艺术学院, 山东 济南

收稿日期: 2023年8月18日; 录用日期: 2023年11月23日; 发布日期: 2023年11月30日

## 摘要

近年来, 制造业逐渐向数字化、智能化和柔性化的方向转型。在产品的设计开发领域, 创新作为引领发展的第一动力应该适应时代变革, 以更优的设计方法驱动产品迭代发展。研究提出将图像数据挖掘融入到设计流程中, 经过图像采集、预处理, 特征提取、数据分析等环节, 得到一种由大数据驱动的数字化产品设计方法。研究使用交叉研究法对图像数据挖掘技术路线、智能算法与产品设计创新结合进行探索, 多角度分析其价值和可行性。使用比较分析法对传统的设计方法与由图像数据驱动的设计方法在“创意”获取等多方面进行对比研究, 突出采用数据挖掘技术的方法优势。通过分析数据驱动设计的作用机制, 构建由图像数据挖掘驱动的产品设计方法模型。新的设计方法模型依托大数据快速生成设计概念, 解决传统制造业中设计落后于时代的一系列难题, 带动企业生产发展, 推动设计行业进步。

## 关键词

图像数据挖掘, 特征提取, 算法驱动, 产品设计, 设计方法模型

# Research on Product Design Methods Based on Image Data Mining

Yue'en Li, Xinzhi Han

School of Art, Shandong Jianzhu University, Jinan Shandong

Received: Aug. 18<sup>th</sup>, 2023; accepted: Nov. 23<sup>rd</sup>, 2023; published: Nov. 30<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

In recent years, the manufacturing industry has gradually transitioned towards digitization, intelligence, and flexibility. In the field of product design and development, innovation, as the first driving force for development, should adapt to the changes of the times and drive product iterative development with better design methods. The research proposes to integrate image data

mining into the design process, through image acquisition, preprocessing, feature extraction, data analysis, and other processes, to obtain a digital product design method driven by big data. The study explores the combination of image data mining technology routes, intelligent algorithms, and product design innovation using cross research methods, and analyzes its value and feasibility from multiple perspectives. Comparative analysis is used to compare traditional design methods with image data-driven design methods in various aspects such as “creativity” acquisition, highlighting the advantages of using data mining techniques. By analyzing the mechanism of data-driven design, a product design method model driven by image data mining is constructed. The new design method model relies on big data to quickly generate design concepts, solve a series of problems in traditional manufacturing where design lags behind the times, drive the development of enterprise production, and promote the progress of the design industry.

## Keywords

Image Data Mining, Feature Extraction, Algorithm Driven, Product Design, Design Method Model

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在这个信息化时代, 伴随着图像获取和存储技术的进步, 相关数据资源越发增长, 各种数据库也应运而生。大量包含有价值信息的图像数据不断被获取使用, 数据已经成为当下新型的生产资料之一, 对其进行挖掘和利用将引领新时代生产研发的巨大改革, 也将会掀起新的发展浪潮。

产品设计与计算机、机械、心理学等学科交叉成为常态, 在面对如人工智能等新的设计样态及对象的时候, 设计中的审美意识、创新思维、设计评判、设计技术实现与输出等内容, 需要顺应设计本身的科学发展规律。图像数据的利用对于新时代产品设计研究具有重大价值, 通过挖掘出的有效的产品信息来驱动产品创新设计将打破传统的设计模式局限性, 带动设计产业技术进步。大数据条件下产品设计开发的“创新点”形成机制不同于传统的经验性“创意”过程, 利用数据解决问题是创新设计的关键, 由此探索设计领域新的作用机制, 开辟一种更加科学的设计方法, 推动产业向信息化、数据化方向转型, 构建数据驱动产品创新设计系统并服务企业产品创新需求。

研究在大数据条件下, 图像数据挖掘驱动产品创新设计的原理与机制, 其中一个重要环节就是探索数据特征提取过程中的知识运行规律, 揭示驱动产品设计的过程控制策略及数据驱动机理。研究尝试采用人工智能等领域的算法作为图像识别的方法, 从而在大规模的图像数据资源中进行特征提取和图像分类, 挖掘隐藏的有价值的数据信息, 既简化了设计前期调研的繁琐流程, 而且减少了干扰设计的错误、混乱信息。通过把产品生命周期中产生的图像数据全部利用到产品设计过程中, 减弱了设计师的主观局限性, 增强了设计通用性, 设计结果更具有合理性、准确性。图像数据挖掘的应用能够帮助设计师明确更优决策信息, 快速准确的响应用户和市场, 了解发展形势, 抓住新问题、新线索, 通过新途径, 进行设计开发。应用智能化算法获取有价值信息并最终生成设计创意, 为大数据驱动产品设计开发提供技术解决方案。

## 2. 研究现状

众多学者在数据驱动设计前期工作中已经进行了大量研究, 其中涉及诸多理论框架、方法模型的构

建, 以及支持设计的辅助工具的研发。例如新加坡科技设计大学的 DDI 实验室研发的 Inno GPS 通过分析专利数据库, 构建技术空间网络, 探索设计机会和方向, 解决设计师在创新设计开始时面临的不确定性问题。B-Link 是由英国帝国理工学院戴森设计学院开发的一款工具, 在设计概念构思阶段, 可以为设计者拓展获取信息范围。四川大学的刘启虞博士提出了基于数据驱动的设计概念生成框架, 研究通过概念网络的方法提供灵感激励, 辅助设计师进行设计构思, 并且从产品结构信息视角为设计师提供知识支持方案设计[1]。浙江大学计算机辅助设计实验室基于数据驱动的可持续再制造机理, 提出了在前期产品设计以及到产品原型制作整个过程中利用大数据对产品设计的各个阶段提供指导的框架[2]。山东建筑大学李月恩团队致力于利用大数据人工智能算法, 如 K-MEANS 聚类算法等驱动设计创新模型构建研究[3]。

国内外研究各有侧重, 国内侧重新模式、框架研究。国外学者更侧重尝试各种新的知识参与产品开发。目前来讲, 数据驱动的产品设计相关理论和应用仍处于起步探索阶段, 对于数据驱动设计过程策略和机理还有很多盲点, 在捕获设计信息、完善研究框架、方法实践应用等多方面尚需要进一步研究。

### 3. 产品设计模式的转变

#### 3.1. 传统产品设计流程

传统的产品创新设计一般包括以下几个步骤: 1、设计问题的提出, 开展设计工作之前, 必须提出设计的问题。问题的主要来源包括自然产生的、别人给予的、自己发现的。2、设计问题的认识, 深刻了解问题以及引起问题的各方面原因。3、明确设计目标, 制作要素相关图, 探索各要素之间的各种关系。4、设计调查和资料收集, 这一过程需要大量人力工作来完成, 调研的全面性尤为关键。5、设计分析, 需要设计师主观全面思考。6、设计展开, 准备就绪后, 开始设计, 要绘制构想草图、完成设计建模、渲染等工作。

在这个过程中, 需要设计人员自身考虑相关的设计问题, 在调研阶段, 更需要人工收集大量的资料, 并且最终根据主观见解进行设计分析, 完成产品设计。整个设计过程人力、物力耗费较大, 步骤繁琐, 同时, 传统的设计方法存在设计人员主观性强, 对其依赖性大并且调查研究的样本数据有限, 范围小、实时性差等特点, 导致设计存在一定风险性, 设计方法还有待优化提高。

#### 3.2. 数据驱动设计创新

产品设计的方法应当伴随时代发展而进步, 新的设计模式要与数据紧密联系, 通过这个新的“生产资料”进行优化, 在设计领域做出新突破。依据产品图像数据可以更直观、准确的分析产品的各项特征, 了解其优缺点、明确消费者需求、产品发展趋势等信息。图像数据挖掘技术的使用使这种方式的实现成为可能。依托由大量产品图像组成的数据库, 通过特征提取等技术进行分类获取, 再经过数据分析阶段形成潜在的产品设计中“创意”知识形式, 最终完成设计。整个过程均有数据可视化, 一定程度上减小了设计人员主观思维的影响, 弥补了人员见解或思考上的一些欠缺, 使得设计方法更加智能、严谨、具体。

通过数据挖掘驱动的新型设计模式不仅节省了人力、物力和时间, 而且设计的产品更完善、更加符合消费者以及市场环境的需求、提高了一款产品设计开发的成功率。在竞争日益激烈的今天, 对于企业来说, 每款新产品的推出都极具意义, 这是长久生存和发展的动力与保障。而这种新型设计模式就是一个提升竞争力的良好途径, 它在深度发掘产品问题与捕捉设计创新点方面起到了至关重要的作用, 并且也将是未来设计方法的发展新方向。

### 4. 图像数据挖掘应用于产品设计

产品设计开发中所遇到的问题规模日益扩大, 问题复杂度也不断上升, 几何级数据的增长使得产品

开发面对“数据海洋”呈现出无力感。“大数据 + 互联网 + 智能化 + 创新设计”依然将在一段时间内处于新技术变革的核心地位。数据是产品“创意”的源泉，面对海量信息，采用合理的采集、清洗、提取、转译、驱动策略可快速获取产品开发的决策信息。

#### 4.1. 数据挖掘之特征提取

在人工智能、计算机识别等领域，图像识别被广泛应用，它具有数据处理能力强、处理精确度高的特点，可以做到对海量数据进行识别、分割检测、特征提取。图像识别应用到图像数据挖掘中的作用方式即通过图像特征提取，完成分类决策。图像特征包括显性特征，例如形状、颜色、纹理等；还有对图像整体把握，通过分析其中的共性和异性提取得到的特征；以及可以被直接或间接感知的语义特征[4]。提取过程如图 1 所示，经过特征提取既精简了样本数据量，还保留了图像的有效信息，帮助筛选出我们需要的数据图像。



Figure 1. Image feature extraction process

图 1. 图像特征提取过程

#### 4.2. 特征提取算法应用策略

针对图像数据挖掘流程，考虑引入能够做到高精度局部特征点检测和描述的算法来完成特征提取，例如 SURF 算法，它提取出的特征点不仅能表示出图像的轮廓信息，还可以表示图像局部信息[5]。

特征提取算法应用于产品创新设计的策略是：首先使用网络爬虫等手段建立原始数据库；第二步对原始数据库进行数据清洗，准备图像识别；第三步应用智能算法对图像进行特征提取；最后对提取出来的图像进行分类、转译，根据获取的有价值的信息指导下一步设计工作。

#### 4.3. 图像数据驱动产品设计实现过程

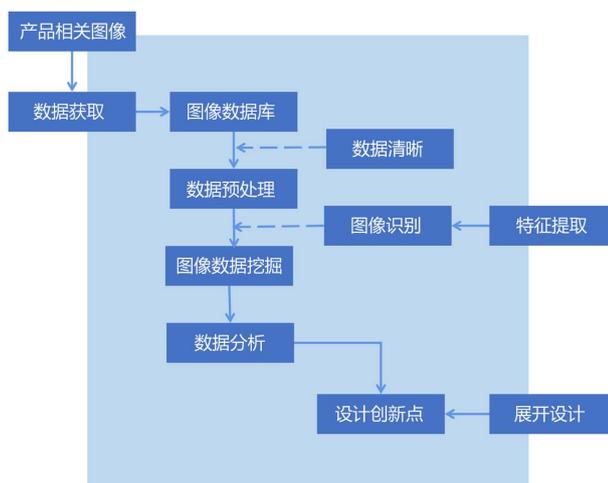


Figure 2. Implementation process of product innovation design driven by image data

图 2. 图像数据驱动的产品创新设计实现过程

图像数据反馈的潜在信息对于指导产品创新设计具有重要意义,能够辅助设计师更有效的完成设计工作,寻求设计问题更优解。借助产品数据推动设计创新是数字化时代设计模式的新转变,也是未来的研究重点。

由图像数据驱动的产品创新设计方法具体实现过程如下:获取产品生命周期各阶段图像构建图像数据库;对数据库内杂乱无章的产品数据进行清洗,消除没有意义的图像数据;使用智能算法对图像集进行特征提取,识别图像,根据获取到的有效图像数据信息,构造设计概念生成数据矩阵,开发与应用多维数据模型,生成设计创意或设计指导原则,进而推进产品设计开发,完成设计任务。实现过程如图 2 所示。

## 5. 技术路线及研究内容

### 5.1. 图像数据获取

在整个图像数据挖掘驱动产品设计开发的流程中,获取图像数据是基础,也是首要环节。因为图像包含产品生命周期的各个阶段,所以数据的来源相对广泛,可以来自一些线上线下销售平台,也可以来自报道、公众号、朋友圈等各种渠道。采集方式简单、数据量庞大、实时性强、数据维度广等都是图像获取的优势。在图像数据挖掘驱动设计开发模型中,这些优势决定了最终分析结果的最优化。网络爬虫技术可以爬取各种二进制数据,这为收集图像数据提供了很大的便利,操作简单、功能性强,在图像数据获取阶段优势明显[6]。同时目前也有许多出自于学者与企业的公开数据集,这些数据集包含的产品图像内容更加广泛、类别更加精准,如 Microsoft 亚洲研究院建立的商品图像库,其数据来自于 MSN 购物网站,网站上一共有 400 个分类,大约有 10,000 个图片,从中选择 100 个分类,每个分类 120 个图片,组成 PI100 商品图像库。再比如京东人工智能研究院公开的产品分类数据集 Products-10K 目前已有 20 万个左右的产品图像,包括 14 万个左右的训练图像和 5 万个左右的测试图像。诸如这些数据资源为研究提供了极大地便利。

### 5.2. 数据预处理

经过图像数据获取阶段后,由于获取的大量产品图像数据杂乱无章,并且产品图像可能在噪声、细节、亮度等方面存在一些问题,而且彩色的图像不适合直接快速检测,影响后续图像识别的操作,为了清除掉错误、异常、不完整数据,需进行数据预处理[4]。包括图像灰度化、增强图像对比度、图像锐化等步骤。通过数据清洗,获得有标准、有格式、高质量的数据,这样保证了数据集的质量,进而提高特征提取、图像匹配、识别的可靠性,确保了最终分析结果的准确性。

### 5.3. 图像数据识别、特征提取

通过图像识别帮助设计师从数据库中筛选出符合要求的图像数据,这是区别于传统设计模式,充分利用大数据优势的关键环节,使用的根本手段是图像特征提取技术。成功的图像数据识别决定了有效的数据分析,智能算法的应用是新型设计创新模式的重要手段与依据,例如, SURF 算法在特征点提取速度、图像匹配性、以及稳定性上相比其他算法更具有优势和使用价值。

### 5.4. 数据分析

面向实际产品设计开发,应用大规模数据的目的是获取设计“创意”,设计师需要从提取到的图像数据中挖掘有效信息,结合数据特征与产品相关知识之间的关系,采用解析、数值仿真、实验(经验)等方法综合,找到设计的突破点,根据这些数据信息来指导设计实践工作。

## 5.5. 研究思路

研究思路分为研究层次、研究目标、过程、应用共四步，框架如图3所示。

- 1) 将数据挖掘技术应用到产品设计流程中，将产品设计分为设计信息提炼、产品创新设计两个阶段。
- 2) 将数据挖掘技术分为数据采集、数据分析和数据预处理三个阶段，构建基于图像数据挖掘的产品设计方法模型。
- 3) 在技术层次上，利用网络爬虫技术在数据采集阶段完成数据获取、利用预处理技术在数据处理阶段完成数据清洗和筛选、利用特征提取算法在数据分析阶段实现有效设计信息的提取[7]。

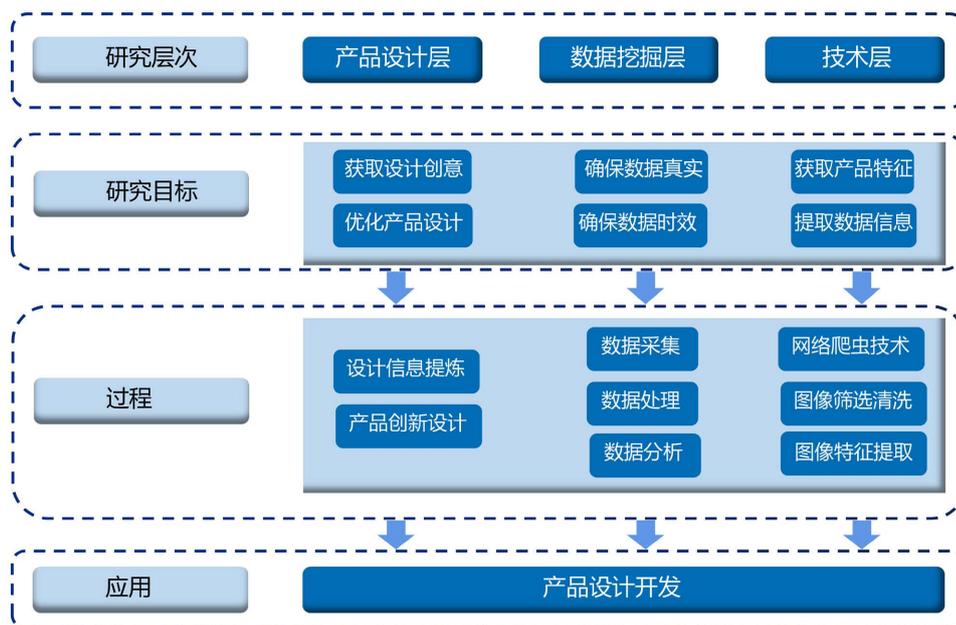


Figure 3. Research framework for image data driven product design and development  
图3. 图像数据驱动产品设计开发研究框架

## 6. 可行性分析

开发一款产品的设计特征往往来自同类产品的已有特征，特征提取不能局限于文本等信息数据，更需要开展多形态特征的数据化研究，基于图像特征提取形成的“创意”能够进一步实现全网络实时数据挖掘，方法具有普遍性和通用性，对于设计人员更具帮助性，对于研发更具保障性，对于市场环境更具适应性。

诸多学者在大数据特征提取的分析和研究领域已经做出大量工作，研究者提出产品种群形态风格特征包含“显性”与“隐性”两方面。显性特征即可通过视觉明确识别的表征，如，造型、图案、材质、颜色、肌理等。隐性特征则是难以表述的风格等内容[8]。

根据数据驱动设计研究，建立数据分析方法与指标体系。通过图像数据挖掘技术获取有关设计所需数据，通过数据分析获取产品开发的“创意”，提高数据爬取技术有效性和针对性与特征值提取智能化，验证了数据驱动设计创新的可行性。

## 7. 结语

本文研究了图像数据挖掘驱动产品设计开发的作用机制和流程框架，涉及数据获取、数据预处理、

特征工程、算法选择等方面, 探索数据驱动设计的使动规律。本文提出将计算机科学的数据挖掘技术及相关成果应用到传统以经验为主要方法的产品开发领域, 面对产品海量数据, 采用数据驱动和智能算法相结合的方法, 引领产品设计开发。未来的设计一定离不开数据, 整个产品设计流程中均可以嵌入大数据分析。作为交叉学科, 设计过程也应由各领域专业人员共同完善。数据驱动将给产品设计领域注入新活力, 给未来设计的发展开辟新的路径。

## 注 释

文中所有图片均为作者自绘。

## 参考文献

- [1] 刘启虞. 数据驱动的产品创新设计概念生成方法研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 四川大学, 2021. <https://doi.org/10.27342/d.cnki.gscdu.2021.000758>
- [2] 刘宣慧, 郗宇凡, 尤伟涛, 等. 数据驱动的可持续设计[J]. 包装工程, 2021, 42(18): 1-10.
- [3] 李月恩, 杨萌, 李建伟. 大数据条件下算法驱动设计创新模型构建研究[J]. 工业设计, 2020(7): 28-29.
- [4] 徐翰文, 张闯, 陈苏婷. 基于视觉显著性的图像特征提取算法[J]. 计算机应用, 2022, 42(S2): 72-78.
- [5] 朱宗媛. 基于视觉显著性的 SURF 特征提取算法研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 西北师范大学, 2019.
- [6] 任杉, 张映锋, 黄彬彬. 生命周期大数据驱动的复杂产品智能制造服务新模式研究[J]. 机械工程学报, 2018(22): 194-203.
- [7] 李月恩, 张舒青, 张伽诚. 应用 K-MEANS 聚类的数据驱动产品创新模型研究[J]. 设计, 2023, 36(3): 10-13.
- [8] 贺雪梅. 基于种群聚类的产品形态创新方法研究[D]: [博士学位论文]. 西安: 西安理工大学, 2016.