

基于随机森林算法的 Web 交互界面 跳动型视觉流优化设计研究

韦艳丽, 刘煜炜, 周璇, 刘翰扬
(合肥工业大学, 合肥 230000)

摘要: **目的** 利用随机森林决策树预测 WEB 交互界面跳动型视觉流程中视觉元素竞争结果的概率分布, 为判断 WEB 界面用户视觉流合理性, 以及优化 WEB 界面布局的用户视觉流提供依据。**方法** 讨论了界面跳动型视觉流的主要特点, 提出 WEB 交互界面随机跳动的视觉流特点来源于其内在的视觉竞争机制, 对于竞争的影响因子提出猜想, 通过大量控制变量的视觉竞争实验验证猜想, 得到因子与视觉竞争结果的相关性结论。对得到验证的影响因子, 利用实验数据进行了随机森林算法训练, 构建了模拟竞争过程的决策树模型, 并利用模型对实际案例进行优化实验。**结论** 构建的随机森林决策树可以较好地模拟跳动型视觉流的视觉竞争机制。通过界面优化实验, 验证该方法可以显著改善用户的视觉流程。

关键词: 随机森林算法; 跳动型视觉流; 决策树; 视觉竞争

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)06-0092-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.06.013

Research on Optimization of Bounce Visual Flow Web Interface Based on Random Forest

WEI Yan-li, LIU Yu-wei, ZHOU Xuan, LIU Han-yang
(HeFei University of Technology, Hefei 230000, China)

ABSTRACT: The random forest decision tree is used to predict the probability distribution of the visual competition results of the WEB bounce visual flow interface, which provides a basis for determining the rationality of user visual flow on WEB interface and the user visual flow for optimizing the page layout. The main characteristics of the interface-bounce visual flow are discussed, and so the proposal that visual flow characteristics of the random jump of the WEB interactive interface are derived from its intrinsic visual competition mechanism is put forward. The conjectures for the competition influence factors is proposed and verified with a large number of control variables visual competition experiments, and the conclusion on the correlation between factors and visual competition results is obtained. For the varied impact factors, the experimental data is used to train the random forest algorithm, and the decision tree of the simulated competition process is constructed to carry out optimal experiment to actual cases. The constructed random forest decision tree can better simulate the visual competition mechanism of the bounce visual flow. Through the interface optimization experiment, it is verified that the method can significantly improve the user's visual process.

KEY WORDS: random forest; bounce visual flow; decision tree; visual competition

视觉流模型的研究是人机交互学科不断深入发展所产生的重要技术手段。设计师在构建产品的交互界面时, 通过视觉元素引导用户的视线, 而视觉流模型的研究, 则是通过总结并建立规范化的设计模式, 让视觉流理论更容易在实践中得到广泛应用。对于视

觉流模型的研究, Dario D. Salvucci 等首先提出了将视觉追踪数据稳定分类处理的算法, 利用眼动数据的时间和空间分布区别了不同的眼动过程, 使后人在建立视觉流模型时有了可以依循的标准^[1]。Steven Bradley 提出通过控制网页中元素的设计模式, 可以规范访问

收稿日期: 2021-01-11

基金项目: 2018 年安徽省社会科学创新发展研究课题 (2018CX023)

作者简介: 韦艳丽 (1977—), 女, 安徽人, 博士, 合肥工业大学副教授, 主要从事交互设计、文化创意设计等研究。

者的视觉流程，并总结了最常用的“F 模式”和“Z 模式”^[2]。

然而对于视觉流模型，大多数研究仍停留在定性分析阶段。近年来，随着互联网数据流量的爆炸式增长，以及机器学习算法的日益成熟，机器学习技术开始被应用到交互界面视觉设计和图像分析技术当中，从而使定量分析视觉流模型和图像元素之间的关系成为可能。Paolo Gastaldo 等提出了应用机器学习方法解决视觉质量评估问题，并取得了良好的拟合效果^[3]。Shyamasundar L. B.等通过朴素贝叶斯算法对社交网络的图像进行分析，探索图像中的隐藏语义，为广告公司提供商业参考^[4]。Petra Budikova 等将随机森林算法应用在图像的多模态检索中，并实验验证了改进成效^[5]。阿里巴巴公司开发了机器学习算法用于自动生成商品宣传图，并投入商用，极大地提高了设计的效率和推送图片的个性化。以上这些理论研究和实践都表明，机器学习技术在量化图像数据、分析图像性质以及理解图像语义等方面均有良好的适应性。因此，视觉流模型研究有必要利用定量分析手段和机器学习技术进一步深入，为互联网行业中的交互界面设计实践提供新的理论依据。

1 交互界面中的跳动型视觉流程

交互设计视角下的视觉流（Visual Flow）的概念来源于视觉传达学科中的视觉流程设计——设计师通过设计手段，使用户与视觉交互界面进行交互的过程中，用户的视觉焦点按照一定的趋势或顺序流动。这种顺序或趋势对于商业产品，无论是 WEB 站点还是移动端 APP 来说，都代表着引导用户流量所能取得的巨大价值。常见的界面视觉流见图 1，自左向右

依次为跳动型、Z 型、F 型等类型的视觉流界面，其中跳动型视觉流最为特殊。其主要特点是界面中的元素性质相同或相似，没有明显的行列间隔排布，其特点表现在用户视觉流时，用户的浏览流程看上去是随机跳跃的，其顺序在空间上一般没有显性的规律可言，这种布局被广泛应用在图片素材库、图片搜索结果等类型的页面上，见图 2。

实际上，这一类布局中可以将其中所有的子元素的地位看作是等价的，也就是说，所有的元素被设计在了同一个视觉层级上。但无论是网站的点击率统计，还是根据眼动仪实验所显示的用户关注频率，这种布局的子元素的受关注程度依然会呈现巨大的分化，造成分化的部分因素可能来源于用户的个人爱好和习惯，但大部分的影响因素来源于元素自身的设计、内容、排布方式的对比。本文从这个角度出发，去探讨子元素的哪些特征影响了视觉流程，以何种机制影响，以及如何利用这一机制去优化布局。

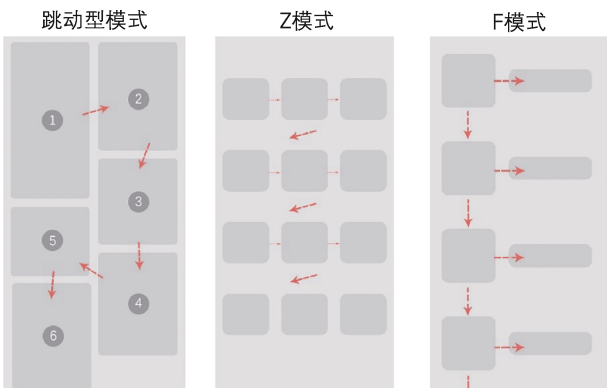


图 1 常见的视觉流类型
Fig.1 Several common visual flows

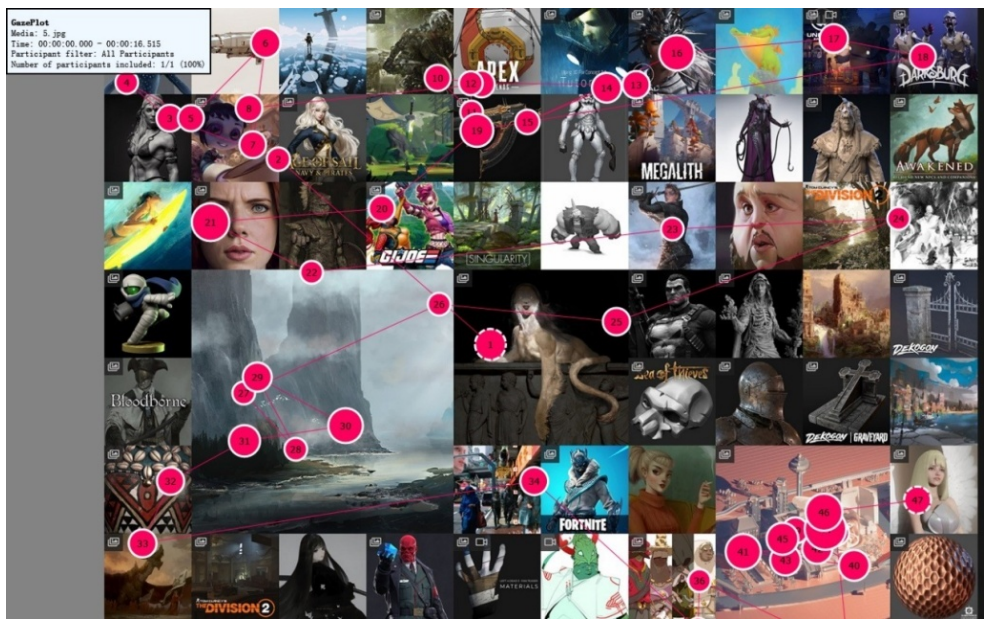


图 2 跳动型视觉流案例
Fig.2 An example of bounce visual flow

2 界面视觉流程的竞争影响因子

现代解剖学认为,人的视网膜上所有的感光细胞共同构建了人的视野,感光细胞分为视锥细胞和视杆细胞,主要分布在视网膜中央的视锥细胞负责处理色彩信息和物体结构信息,而主要分布在外侧的视杆细胞只能感受暗光,分辨物体的大致轮廓^[6]。因此人的视觉在处理多个元素时,视野内能够接收色彩和形态信息的范围是有限的^[7],见图 3,当人眼聚焦查看元素①的同时,在视野内,视觉也接收到了在感受区内的元素②、③、⑤的色彩和形态信息,只不过大脑还没有来得及进一步处理这些信息,这也就是为什么后天养成的知识和习惯不构成主要的影响因素。因此,在跳动型视觉流的布局中,除了当前正在被观察的元素①,在视野感受区内的其他元素互相之间也构成了一种竞争关系,去竞争下一个被用户关注的对象。

视觉元素对跳动过程的影响由各种复杂的因素和机制决定。依据一些已有的人机视觉实验和普遍性结论^[8-9],列出 9 种猜测的影响因素,见表 1。实验通过眼动仪实验收集了 5 人在 8 个跳动视觉流布局上的 100 次不同的视觉转移过程,并记录每次过程的两个竞争元素之间每种影响因子的差值,记录的部分数据见表 2。在量化这些影响因子时,为了方便后续的计算,实验将两个竞争元素随机分配到 A 和 B,那么当 A 竞争获胜时,因子差值为正数,因素差异度与差值成正比,反之亦然。这些实验素材也都经过了对应因

子的控制变量处理,在同一个跳动型布局页面中,通过调整该局部元素的亮度、饱和度等因子,梯度性地形成一组实验组,再将每组实验组的每张页面顺序打乱,提供给实验者浏览,保证每种猜想得到充分的验证。部分眼动追踪对比中列出了在眼动追踪实验中,部分对比组的视觉流程变化,见表 3。

实验结果显示,如果竞争元素与初始元素构成格式塔结构,那么几乎可以忽略其他元素的影响直接决定结果;视觉流流动的方向和距离与实验结果相关性非常低,可以忽略不计;而剩下的其他 6 种因子都与结果呈现明显的相关性,并且多种因子之间会共同影响结果。

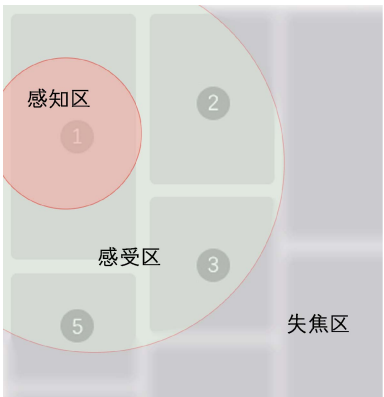


图 3 视野内的元素在感受区形成竞争
Fig.3 Elements in the field of view forming a competition in the sensory area

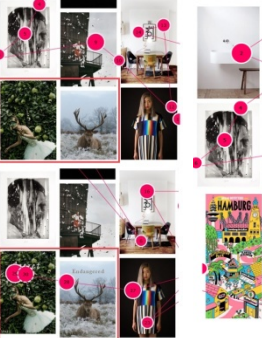
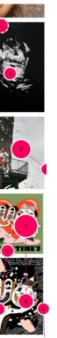
表 1 影响因子验证
Tab.1 Impact factor validation

因子名称	因子描述	计算方法	相关性分析结果
元素面积	竞争元素的面积大小对比	A 元素和 B 元素面积的比值	相关
色彩温度	竞争元素的平均色彩温度对比	取所有像素色温的平均值,暖色阈值大于 0,冷色阈值小于 0	相关
元素亮度	竞争元素的平均色彩亮度对比	取所有像素 HSL 空间亮度的平均值	相关
饱和度	竞争元素的平均色彩饱和度对比	取所有像素 HSL 空间饱和度的平均值	相关
图文结构	图片是否包含较明显的文字	是阈值为 1,否阈值为 0	相关
强调元素	图像包含脸部特征、相比其他元素明显异类等强调性元素的比例	强调元素的面积空间占比	相关
流动方向	视觉流是否符合常规视线流动方向	向右、向下阈值为 1,向左、向上阈值为 0	几乎不相关
流动距离	视觉焦点从初始元素到目标元素的路径长度	元素的视觉重心之间的距离	几乎不相关
完形结构	元素是否与初始元素构成格式塔完形结构	是则取 1,否则取 0	决定性相关

表 2 部分实验数据示例
Tab.2 Partial experimental data

竞争序号	元素面积	色彩温度	元素亮度	饱和度	完形结构	图文结构	强调元素	流动方向	流动距离	结果
01	1.0431	487	-0.45952	-0.34525	0	0	0.6	-2	0	A
02	0.4297	1932	0.1432	-0.2289	0	-1	0	2	0	B
03	0.4051	-182	-0.1391	-0.08	0	0	0.1	0	0	B
04	1.6288	208	-0.1021	-0.0765	0	0	0.5	-1	-1	A

表 3 部分眼动追踪对比
Tab.3 Partial eye tracking experiment chart

对比因子	色彩温度	元素亮度	饱和度	图文结构	强调元素
实验图示					

3 跳动型视觉流优化模型的构建

3.1 随机森林算法概述

本文中采用随机森林算法构建跳动型视觉流的决策树优化模型。决策树是一种非常直观的分类模型，它可以根据询问有关特征值的一系列问题作出决策，具有低偏差和高方差的特征。而随机森林法首先会有放回地对样本数据进行随机采样，它使用随机特征分割节点，使用平均投票方法来进行预测，最终由多种决策树组成集合决策树模型，较好地减少了传统决策树分类模型的缺点。在众多机器学习方法中，随机森林法能较好地解决高维数据、过拟合、非线性分类的问题，并且可以计算得到各个特征值的重要性对比，也可以预测数据分类的概率。近年来，依然有很多研究采取随机森林算法构建分类模型，进而达到数据优化的目的，例如 Huy Phan 等提出了基于随机森林回归方法优化了声音事件检测问题，在实验中取得了比传统语音识别更优秀的识别效果^[10]。Sebastian Buschjäger 等就通过传感器接入的嵌入式系统，利用随机森林决策树快速分类并过滤大量数据^[11]。吴成东等在改进图像的超分辨率算法时，就首先采用随机森林算法对图像不同部位特征进行聚类^[12]。在这些不同领域的研究中，都利用了随机森林决策树优秀的聚类性能，从而为优化问题提供了数据基础。

3.2 优化模型的构建

通过对不同的视觉竞争因子验证得知，在考虑不包含完形结构因子的跳动视觉流布局中，元素面积、色温、亮度、饱和度、图文结构、脸部特征 6 种因子会共同影响视觉元素竞争的结果。实验选取控制这 6 种变量的 50 组元素竞争数据为样本数据，将这 6 种因子作为训练的特征维数，利用随机森林算法训练决策树，试图模拟人类视觉观察不同元素的视觉流过程。最终训练所得的决策树见图 4，决策树种每个节点的右侧（也就是因子数值更大的方向）都会趋向于分类到 A，左侧则会趋向分类到 B，证明每种因子的

数值与竞争结果的关联性符合最初的实验预期。

图中每个节点方框内的参数说明如下。对于含有向下子节点的母节点，首先会有一种计算因子的临界值，小于临界值向左下方计算，反之则向右下方计算。“gini”指节点的基尼不纯度^[13]。当沿着决策树向下分类，基尼不纯度会逐渐趋向于 0，代表当前节点只有一种类别的数据了。节点的 A 类预测纯度越高，节点就越接近蓝色，B 类预测纯度越高，节点颜色就是越接近橙黄色。“samples”表明节点中被观测样本数量。“value”指每个类中的样本数。例如，根节点中有 29 个样本属于类 B，有 20 个样本属于类 A。“class”指该节点中大多数点的分类。在叶节点中，即是对节点中所有样本的预测。

4 跳动型视觉流优化模型的应用

以 Baubauhaus 设计网站首页为例，网站平台会根据用户感兴趣的标签，在首页推送相关设计师和摄影师的作品，各种设计作品的展示封面尺寸不一，色彩和题材也各不相同，以四纵列的形式铺开在页面上，这类网站的推送本身并不含有倾向性，其意在为所有的作品提供一个相对公平的展示机会。然而在 10 人次的浏览热图中（见图 5），部分元素只得到了 2~3 次被关注的机会。这是由于元素排布设计并没有考虑到元素内在的视觉竞争因子，在这些因子的作用下，大数据视角下的视觉流会是相对固定的，用户的视觉流程也可能会随机地忽视掉一些元素，甚至一些页面顶部的元素也会失去位置优势。

要优化该案例，首先可以通过先前所得的随机森林模型，计算页面中任意两个元素之间视觉竞争结果的估算概率。由随机森林算法建立的决策树模型（见图 4）可见，决策树自顶部根节点开始进行第一步计算，首要计算的步骤是判断竞争元素的面积因子值是否小于-0.037。例如在计算某 A 元素和某 B 元素的竞争中，面积因子的值小于-0.037，则进行左侧子节点计算——也表示训练集中所有面积因子的值小于-0.037

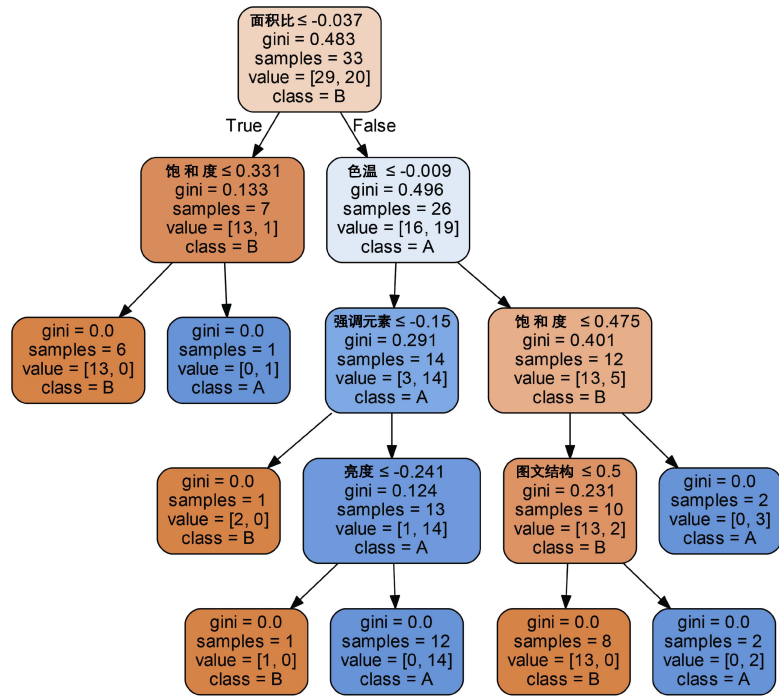


图 4 跳动型视觉流界面元素竞争模型
Fig.4 Competition model of bounce visual flow element

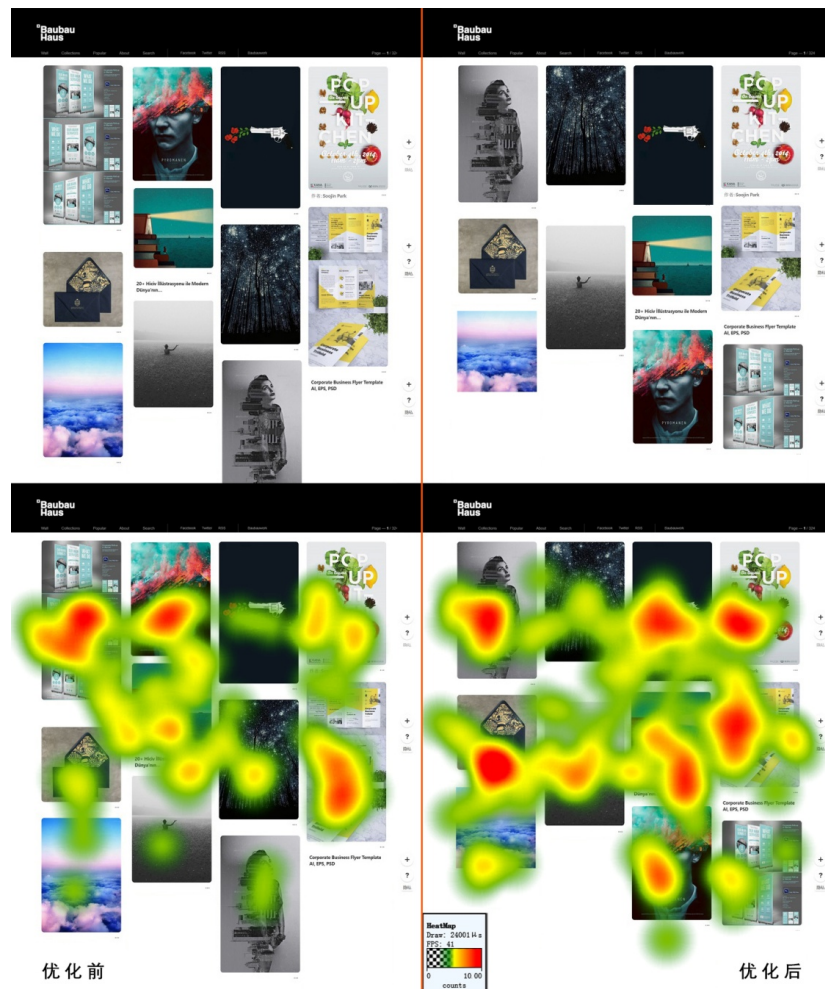


图 5 优化前后的界面与热图
Fig.5 Interface and heat map before and after optimization

的样本集合, 在这个样本集中只有 7% 的样本为 A 获胜, 其余 93% 均为 B 获胜。由于如果计算整个复杂决策树会消耗大量计算资源, 所以在计算资源有限的时候, 也可以认为此时 B 获胜的概率高达 93%, A 有较大概率被忽略掉。如果完整地计算到决策树底部子节点, 则可以获得更精确的结论。

在此案例中, 优化的目的在于使相邻的元素在视觉竞争过程被注视的概率尽量接近。作为为创作者提供展示机会的网站页面, 当一些作品由于隐性因素而鲜有人知时, 将会极大地打击用户的投稿热情, 而这种情况对于网站来说是需要极力避免的。因此调整的方式主要有两种: 一是在不破坏画面主要信息的前提下, 对封面做一些适当的裁剪; 二是改变整个页面的排列顺序, 尽可能地把竞争力相近的元素排列在一起。在决策树模型中, 自顶部根节点向下至于节点底部的任何一条路径, 都是 A 与 B 之间竞争概率最为接近的临界值边界, 因此只要依照临界值调整, 就会得到相对概率均等的视觉竞争, 也就是当一对元素的视觉竞争在决策树的竞争路径中, 所有数值越接近临界值, 那么这个竞争就越平衡。竞争优化完成后的用户浏览热力图见图 5 的右侧部分, 优化前后两次实验的外部条件是一致的, 优化后的页面热区变得更加均衡, 较好地达到了优化目的。除此以外, 优化目标也可以是让某个元素的关注度更具有倾向性, 推动特定元素的流量引导, 这适用于网站经济收入与特定模块的点击浏览直接挂钩的情景。这时也可以使用决策树模型检查倾向性元素与其他周边元素的竞争对比, 从而调整到一个合适的具有倾向性的概率, 达到优化目标。

5 结语

在当前大数据的时代背景下, 互联网产品的经营者越来越重视用户体验的反馈数据, 并利用大数据改善自身产品。而使用大数据训练预测模型预测用户行为应当成为一种新的思路, 帮助产品在上架之前就防患于未然, 这可以帮助项目给大量用户留下一个好的第一印象。本文讨论了众多页面布局中的一种细分类型, 提出了解决方案的思路, 而这一方向的研究在未来应当会有更广阔的前景。

参考文献:

- [1] SALVUCCI D D, GOLDBERG J H. Identifying Fixations and Saccades in Eye-tracking Protocols[C]. Florida: Proceedings of the Eye Tracking Research & Application Symposium, 2000.
- [2] BRADLEY S. Design Principles: Compositional Flow And Rhythm[EB/OL]. (2015-01-20)[2020-10-17]. <https://www.smashingmagazine.com/2015/04/design-principles-compositional-flow-and-rhythm/>.
- [3] GASTALDO P, ZUNINO R, REDI J. Supporting Visual Quality Assessment with Machine Learning[J]. EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2013, 2013(1): 1-15.
- [4] SHYAMAUNDAR L B, JHANSI R P. Predictive Visual Analysis of Twitter Big Data Originated from Cloud Using Machine Learning Algorithms[C]. New York: 2017 IEEE International Conference on Cloud Computing in Emerging Markets (CCEM), 2017.
- [5] BUDIKOVA P, BATKO M, ZEZULA P. Multi-modal Image Retrieval for Search-Based Image Annotation with RF[C]. Taichung: 2018 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM), 2018.
- [6] 钟一声, 叶纹. 现代临床视野检查与解释[M]. 北京: 人民军医出版社, 2004.
ZHONG Yi-sheng, YE Wen. Modern Clinical Field of Vision[M]. Beijing: People's Military Medical Press, 2004.
- [7] 李刚. 视觉信息传递的模糊性[J]. 美术大观, 2010(3): 125.
LI Gang. Ambiguity of Visual Information Transmission[J]. Art Panorama, 2010(3): 125.
- [8] 董庆波. 视觉格式塔理论的设计思考[J]. 包装工程, 2011, 32(6): 25-28.
DONG Qing-bo. Visual Design Thinking Gestalt Theory[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(6): 25-28.
- [9] 李萌, 刘春雷. 视觉传达设计中抽象图形的针对性提炼与表现[J]. 包装工程, 2014, 35(8): 9-13.
LI Meng, LIU Chun-lei. Targeted Refinement and Performance of Abstract Graphics in Visual Communication Design[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(8): 9-13.
- [10] PHAN H, MARCO M, MAZUR R, et al. Random Regression Forests for Acoustic Event Detection and Classification[J]. IEEE/ACM Transactions on Audio Speech & Language Processing, 2015, 23(1): 20-31.
- [11] SEBASTIAN B, MORIK K. Decision Tree and Random Forest Implementations for Fast Filtering of Sensor Data[J]. IEEE Transactions on Circuits & Systems I Regular Papers, 2018, 65(1): 209-222.
- [12] 吴成东, 卢紫薇, 于晓升. 基于加权随机森林的图像超分辨率算法研究[J]. 控制与决策, 2019, 34(10): 2243-2248.
WU Cheng-dong, LU Zi-we, YU Xiao-sheng. Research on Image Super-resolution Algorithm Based on Weighted Random Forest[J]. Control and Decision, 2019, 34(10): 2243-2248.
- [13] Project Scikit-learn. Sklearn. Ensemble. RandomForestClassifier[EB/OL]. (2018-03-28)[2020-10-17]. <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.RandomForestClassifier>.