

doi: 103969/j. issn. 0490-6756. 2016. 01. 011

自动生成美观的信息墙

陈锐¹, 谢应涛^{1,2}, 华礼娴³, 陈渝⁴, 林涛¹

(1. 四川大学计算机学院, 成都 610065; 2. 西华师范大学实验中心, 南充 637000;
3. 四川大学图书馆, 成都 610065; 4. 四川民族学院计算机科学系, 康定 626001)

摘要: 信息墙是一种由包含各类信息的矩形单元格平铺而成的图形化交互界面。目前信息墙的设计和实现大多采用人工方式, 效率低且最终产品的风格缺少变化。本文基于遗传编程算法实现了一个文本信息墙自动生成工具。本文还提出一个文本信息墙视觉美感评价模型, 并将其与算法整合以美化所生成的文本信息墙的外观。实验表明, 该工具能够高效地自动生成风格各异且较美观的文本信息墙。通过该工具, 设计人员可直接基于自动生成的文本信息墙进行加工创作, 提高了生产力。

关键词: 文本信息墙; 自动生成; 视觉美感模型; 遗传编程

中图分类号: TP316 **文献标识码:** A **文章编号:** 0490-6756(2016)01-0061-06

Automatically generating visually pleasing information walls

CHEN Rui¹, XIE Ying-Tao^{1,2}, HUA Li-Xian³, CHEN Yu⁴, LIN Tao¹

(1. College of Computer Science, Sichuan University, Chengdu 610065, China;
2. Experiment Center, China West Normal University, Nanchong 637000, China;
3. Library, Sichuan University, Chengdu 610065, China;
4. Department of Computer Science, Sichuan University for Nationalities, Kangding 626001, China)

Abstract: Information wall (IW) is a GUI composed of rectangular cells each contains various kinds of information. The design and implementation of IW are mainly in a manual way nowadays, which typically leads to less variability in appearance style and low efficiency. This paper develops a tool to automate the generation of text-IWs based on a genetic programming algorithm. A model, which evaluates the visual quality of text-IWs, is also proposed and incorporated in the algorithm to make generated IWs more visually pleasing. Test results show that the tool is able to efficiently produce good looking IWs with variable appearance styles. With the help of the tool, designer productivity could be improved by utilizing machine-generated prototypes.

Key words: Text information wall; Automated generation; Visual aesthetics model; Genetic programming

1 引言

信息墙是由矩形单元格平铺组成的图形化交

互界面。在信息墙中, 信息(本文只考虑文本信息)显示于具有单一背景色的矩形单元格中, 所有单元格平铺布局于一块矩形区域内。利用矩形单元格差

收稿日期: 2015-04-29

基金项目: 四川省科技厅支撑项目(2012GZ0091; 2013GZX0138); 四川省教育厅重点项目(15ZA0324)

作者简介: 陈锐(1983-), 男, 四川宜宾人, 博士生, 研究方向为数字媒体与人机交互技术。E-mail: rui-c@outlook.com

通讯作者: 林涛。E-mail: lintao@scu.edu.cn

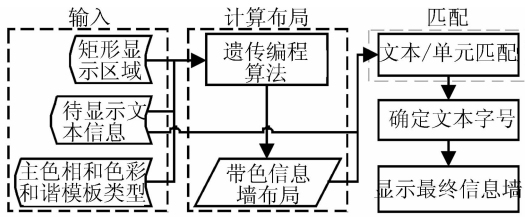


图 2 信息墙自动生成过程

Fig. 2 The process of automated generation of information wall

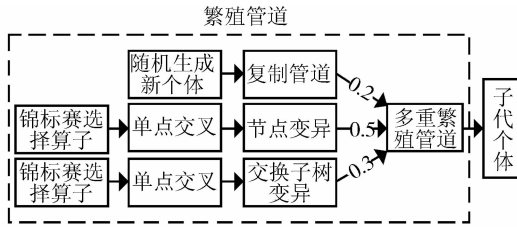


图 3 繁殖管道

Fig. 3 Breeding pipelines

3.1 个体表示

信息墙个体用二叉树(图 4 右上角)表示. 树的每个节点都代表信息墙中一块矩形区域. 其中非叶节点(H 和 V)代表可继续细分的矩形区域, 叶节点(T_i)代表不可再细分的最终矩形单元格. 两种节点都包含其对应矩形区域的左上角顶点位置(x, y), 大小(w, h)两种数据. 特别的, 非叶节点还包含划分方向 o (H 代表水平划分, V 代表垂直划分)和划分比例 $r \in (0, 1)$ 以指定划分方式; 叶节点则还包含前景色 FC 和背景色 BC (在 HSL 色彩空间中), 分别指定最终矩形单元格的文本字体色和背景填充色.

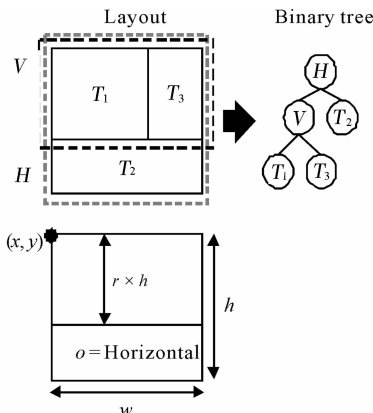


图 4 布局的二叉树表示

Fig. 4 Binary tree representation of a layout

3.2 进化过程

本文遗传编程算法的总体流程与一般的进化计算类似, 大致分为以下几个步骤:

(1) 随机生成初始种群. 从根节点开始随机选择一个没有子节点的非叶节点作为生长点, 随机选择一种方式(共 $2^2 = 4$ 种)生长(划分)得到两个子节点. 此过程一直重复直到个体的叶节点总数与输入参数相等. 继续随机生成新个体直到填满初始种群. 生成新非叶节点时, 划分方向 o 和划分比例 r 随机取值. 为了避免划分过于不平衡, r 的取值区间为 $[0.3, 0.7]$. 生成新叶节点时, BC 也在一个区间中随机取值(见 3.4 节), FC 则暂时统一设为白色并在进化过程中保持不变.

(2) 评价种群中所有个体. 深度优先遍历每个个体的二叉树, 计算每个叶节点的具体位置和大小, 再计算个体的适应度(详见 3.3 节)并标记一定数量的精英个体以确保它们不被丢弃. 若此时已找到最优个体或已达到迭代次数上限则算法结束, 否则继续下一步.

(3) 选择算子. 使用锦标赛选择算子选出双亲个体. 锦标赛选择算子有放回地随机从种群中选出 N 个(称为竞赛规模, 本文 $N=2$) 个体, 再从这组个体中选出适应度最高的个体作为双亲之一.

(4) 交叉算子. 在双亲个体中各随机选择一个非叶节点作为交叉节点, 然后交换交叉节点的子树得到子代个体. 注意, 在整个进化过程中个体的节点数必须恒定不变, 故仅当两子树大小相等时才可交换, 否则只交换交叉节点本身.

(5) 变异算子. 交叉生成的子代个体有一定的机率在随机选择一个节点(80% 的机率选择非叶节点, 20% 的机率选择叶节点)发生变异. 该节点的属性将在取值范围内重新随机取值. 为了增加种群的多样性, 本文还采用了另一种变异: 随机选择个体中的一个非叶节点并交换它的左、右子树. 变异的子代个体被加入子代种群, 返回第 2 步.

屏幕显示区域是有限的, 信息墙不应该也没必要包含过多单元格. 本文将单元格总数限制在 30 个以下(含). 其他算法参数见表 1.

表 1 遗传编程算法参数设置

Tab. 1 Parameters of the genetic programming algorithm

参数	种群大小	精英个体数	交叉概率	变异概率	进化代数
值	36	4	1.0	0.4	100

3.3 目标函数

本文定义了四个目标函数分别从平衡性(B)、顺序性(S)、一致性(C)和比例美感(P)四个方面来评价信息墙的视觉美感. 每个目标函数值都归一化到 $[0, 1]$ 区间. 最终的适应度函数由这四个目标函数加权组合而成, 见公式.

$$F = [\omega_1 \quad \omega_2 \quad \omega_3 \quad \omega_4] \times \begin{bmatrix} B \\ S \\ C \\ P \end{bmatrix} \cdot A, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1, A \leq 1. \quad (1)$$

式中 ω_i 为各目标函数的权重系数(本文经验性地设为 $\omega_1=0.1, \omega_2=0.35, \omega_3=0.15, \omega_4=0.4$). 系数 A 代表个体的可接受度, 它与单元格之间的面积差异程度成反比. 下面详细说明各个目标函数的定义.

3.3.1 平衡性 不同的大小、色彩等属性使视觉元素具有不同的视觉重量. 平衡性定义为水平中轴和垂直中轴两侧单元格的总视觉重量的差异程度, 按公式计算.

$$B = 1 - \frac{|B_v| + |B_h|}{2} \in [0, 1] \quad (2)$$

B_v 和 B_h 分别是垂直和水平方向的视觉重量差异度, 其计算公式如下

$$B_v = \frac{\omega_L - \omega_R}{\max(|\omega_L|, |\omega_R|)}, \quad (3)$$

$$B_h = \frac{\omega_T - \omega_B}{\max(|\omega_T|, |\omega_B|)}, \quad (4)$$

$$\omega_j = \sum_{i=1}^{n_j} a_{ij} d_{ij} c_{ij}, j \in L, R, T, B, \quad (5)$$

其中 L, R, T, B 分别表示信息墙的左、右、上、下半部分; n_j 为 j 半部分中单元格的个数; a_{ij} 为 j 半部分中第 i 个单元格的面积; d_{ij} 是单元格 i 的中线到 j 半部分在信息墙内部的边框(即信息墙的垂直或水平中轴)的距离; c_{ij} 是单元格 i 的背景色的重量系数. 本文采用文献[15]基于香港被试者的实验数据建立的色彩重量感模型来计算 c_{ij} .

3.3.2 顺序性 更大的、前/后景色对比度更强烈的单元格更容易吸引人眼的注意. 重要的文本应分配给这类单元格. 本文按照重要性指数(来自输入)降序排列文本, 再按照视觉显著指数 V (见公式, 式中 $\Delta\text{brightness}_i$ 和 Δcolor_i 分别为单元格 i 的前、后景色的亮度和色彩差异, 其计算方法参见文献[16]的 2.2.1 节; C_i 为单元格 i 的面积占屏幕显示区域总面积的比例)降序排列单元格, 然后把每

条文本分配给与其序号相同的单元格.

$$V_i = \frac{1}{2} \times \left(\frac{\Delta\text{brightness}_i}{255} + \frac{\Delta\text{color}_i}{255 \times 3} \right) \times C_i \quad (6)$$

受阅读的训练, 多数人的视线扫描顺序是从左到右, 再至上而下的. 本文将顺序性定义为人眼扫描序列(实际序列)与单元格的视觉显著性降序序列(目标序列)的一致程度.

DCG(Discounted Cumulative Gain)是表示序列差异程度的指标. 本文计算实际序列相对于目标序列的 DCG, 将其归一化后得到最终的顺序性值, 见公式.

$$S = \frac{D - D_{\min}}{D_{\max} - D_{\min}} \in [0, 1] \quad (7)$$

D 为个体的实际 DCG, D_{\min} 和 D_{\max} 分别为最差(实际序列与目标序列完全颠倒)和最好情况下的 DCG, 其计算公式分别为:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{n - R(i)}{\log_2(i + 1)}, \quad (8)$$

$$D_{\min} = \sum_{i=1}^n \frac{i}{\log_2(i + 1)}, \quad (9)$$

$$D_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{n - i}{\log_2(i + 1)}, \quad (10)$$

其中, i 为目标序列中单元格的序号, n 为单元格个数, $R(i)$ 是目标序列中序号为 i 的单元格在实际序列中的序号.

3.3.3 一致性 所有单元格的形状模式都基本统一可降低信息墙的视觉复杂度. 本文的一致性定义为所有单元格的宽高比的算术平均值, 计算公式如下.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n} \in (0, 1], \quad (11)$$

其中, p_i 是单元格 i 的转换到 $(0, 1]$ 区间中之后的宽高比:

$$p_i = \begin{cases} r_i & r_i \leq 1 \\ \frac{1}{r_i} & r_i > 1 \end{cases}, r_i = \frac{b_i}{h_i}, \quad (12)$$

其中 b_i 和 h_i 分别为单元格 i 的宽度和高度, r_i 为单元格 i 的原始宽高比.

3.3.4 比例美感 Ngo 等人[12]通过界面元素包围盒的宽高比与美观比例(表 2)的差异程度来计算界面的比例美感. 本文认为信息墙自身的宽高比也是美观比例. 考虑到人眼优先扫描水平方向, 我们认为扁平的单元格(宽高比大于 1)优于竖立的单元格(宽高比小于 1). 竖立单元格的比例美感值会被惩罚.

表 2 美观的比例

Tab. 2 Visually pleasing ratios

描述	正方形	2 的平方根	黄金比例	3 的平方根	双正方形
比例	1:1	1:1.414	1:1.618	1:1.732	1:2

比例美感定义为信息墙中所有单元格的平均比例美感值,其计算公式如下。

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} \in (0, 1], \quad (13)$$

其中, q_i 是单元格 i 的比例美感:

$$q_i = 1 - \frac{\min(|p_j - p_i|, j \in \{1, 2, \dots, 6\})}{0.5}, \quad (14)$$

p_j 是美观比例集合中的一个元素, p_i 是单元格 i 的转换到 $(0, 1]$ 区间中之后的宽高比, 计算同式(12)。

当 $r_i < 1$ (单元格竖立), 其比例美感值 q_i 将乘以 r_i 以作惩罚. 当 $p_i < 0.25$ (单元格过扁或过瘦), 以同样的方式再次惩罚 q_i 。

3.3.5 个体的可接受度 最初的适应度函数是上述目标函数的加权线性组合. 经测试, 发现部分个体虽然适应度很高 (>0.90), 但单元格的大小却呈现出两极分化的趋势. 少数几个单元格占用了大部分的显示空间, 多数很小的单元格挤在余下的少量显示空间中. 此情况在单元格数目偏多时 (>10) 尤其明显. 本文经验性地定义了个体可接受度因子 A 来控制这种两极分化, 其计算公式如下:

$$A = \begin{cases} 1 - \frac{N_{\text{tiny}}}{N_{\text{max}}} - \frac{0}{E} & E \geq 6 \\ 1 - \frac{N_{\text{tiny}}}{N_{\text{max}}} - \frac{1}{E} & E < 6 \end{cases} \quad (15)$$

$$N_{\text{max}} = \frac{N \times (N - 1)}{2}, \quad (16)$$

$$T = \left(6 \times \frac{j-2}{N} + 2\right) \times \frac{N-i}{N-1}, \quad (17)$$

$i \in [1, N], j \in [2, N]$.

公式中, N_{tiny} 表示整个布局中过小的单元格的数目; N_{max} 是在最坏情况下的过小单元格的数目 (见公式, N 表示单元格总数); E 为屏幕显示区域面积与最大单元格面积之比. $E \geq 6$ 时, 过小单元格越少则个体的可接受度越高。

按照以下方式判断单元格是否过小. 按面积大小降序排列所有单元格, 然后将此序列中的每个单元格与排在其后的单元格依次两两比较. 如果两者面积相差的倍数超过一个阈值 T (见公式, i 和 j 分别是前、后两个单元格在序列中的序号. 如果 T 小于 1, 它将被置为 1), 则认为后者过小。

3.4 约束

界面配色和谐会提升界面美观度^[17]. 自动生成信息墙时需要确保界面的色彩搭配和谐。

Matsuda^[18] 基于色相环提出了八种和谐模板 (分别用字母 i, I, V, L, Y, X, T, N 表示), 指出了色相环上相互和谐的色相集合 (图 5 中的灰色扇形区域)。

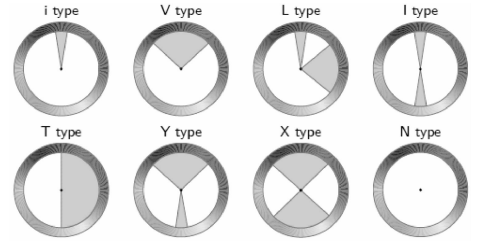


图 5 八种和谐配色模板

Fig. 5 Eight color harmony templates

生成初始种群之前先根据主色相和谐模板类型输入参数计算出与主色相和谐的色相集合作为新个体中单元格的前、后景色色相的取值区间, 以保证每个个体中出现的色相都与用户指定的主色相彼此和谐。

本文规定任意个体包含不多于四种 (不算文本字体色) 色相. 为新个体的单元格指定背景色时, 若随机指定的色相将导致色相总数超限, 则随机选择一个该个体中已用过的色相来替换它。

4 原型测试

我们从新闻网站上随机收集了 30 条新闻标题文本, 并随机为它们指定了重要性指数 (任意两条文本的重要性指数都不相同, 其中“习近平再次会晤普京”的重要性指数最高). 我们测试并观察了原型程序在输入规模分别为 10 条、20 条和 30 条文本三种情况下的表现. 三次测试中分别将主色相指定为红、绿、蓝 (均使用 i 型色彩和谐模板). 图 6 展示了三种测试下的初始最优布局、最终最优布局和分配文本后的完整界面。

在输入规模为最大的 30 条文本时, 原型程序也能在极短时间内 (短于 0.5 s) 生成信息墙 (首次生成时需要初始化 ECJ 库, 耗时 1 s 左右). 原型程序短时间内即可得到一组不同风格的信息墙. 用户还可通过输入参数控制信息墙的着色风格。

5 结束语

本文提出了一个基于遗传编程的信息墙生成算法, 在此基础上实现了一个信息墙自动生成工具。

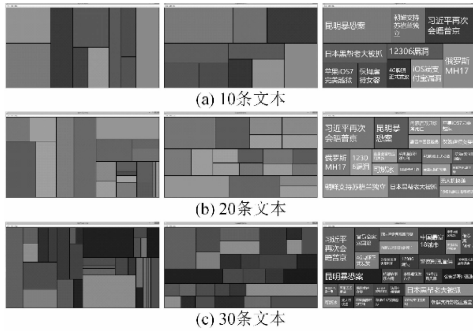


图 6 三种测试下的进化过程示例

Fig. 6 Illustration of the evolution processes under three test conditions

的原型程序. 我们定义了信息墙的视觉美感模型并将其形式化为算法的适应度函数. 测试结果表明, 原型程序能够高效地自动生成美观的信息墙. 借助于该工具, 即使是没有艺术专业背景的用户也可快速制作出美观的信息墙. 专业设计人员可对机器生成的信息墙进行加工而无需从零开始, 提高了工作效率. 生成的信息墙能突显重要文本, 非常适用于文本搜索结果的图形化展示和交互.

未来可主要针对两方面的问题进行改进. 一方面进行用户实验, 收集更多用户数据以优化信息墙视觉美感模型. 另一方面实现信息墙的即时编辑, 将其扩展为一个功能完备的信息墙辅助设计工具.

参考文献:

- [1] Tractinsky N, Katz A S, Ikar D. What is beautiful is usable[J]. *Interacting with Computers*, 2000, 13(2): 127.
- [2] Tuch A N, Roth S P, Hornb? k K, *et al.* Is beautiful really usable? Toward understanding the relation between usability, aesthetics, and affect in HCI[J]. *Computers in Human Behavior*, 2012, 28(5): 1596.
- [3] Kurtz A J. The influence of aesthetics on the learnability and memorability of website interfaces[D]. Bloomington, IN, USA: Indiana University, 2010.
- [4] Lindgaard G, Dudek C, Sen D, *et al.* An exploration of relations between visual appeal, trustworthiness and perceived usability of homepages[J]. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 2011, 18(1): 1.
- [5] Sonderegger A, Sauer J. The influence of design aesthetics in usability testing: effects on user performance and perceived usability[J]. *Applied Ergonomics*, 2010, 41(3): 403.
- [6] Wang Y J, Hernandez M D, Minor M S. Web aesthetics effects on perceived online service quality and satisfaction in an e-tail environment; the moderating

role of purchase task[J]. *Journal of Business Research*, 2010, 63(9-10): 935.

- [7] Schmidt K E, Bauerly M, Liu Y, *et al.* Web page aesthetics and performance: a survey and an experimental study[C]//*Proceedings of the 8th Annual International Conference on Industrial Engineering - Theory, Applications and Practice*, [s. l.]: [s. n.], 2003: 478.
- [8] Schmidt K E, Liu Y, Sridharan S. Webpage aesthetics, performance and usability; design variables and their effects[J]. *Ergonomics*, 2009, 52(6): 631.
- [9] Tuch A N, Bargas-Avila J A, Opwis K, *et al.* Visual complexity of websites: effects on users' experience, physiology, performance, and memory[J]. *International Journal of Human-Computer Studies*, 2009, 67(9): 703.
- [10] Reinecke K, Bernstein A. Improving performance, perceived usability, and aesthetics with culturally adaptive user interfaces[J]. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 2011, 18(2): 1.
- [11] Salimun C. The relationship between visual interface aesthetics, task performance, and preference[D]. Glasgow, Scotland, UK: University of Glasgow, 2013.
- [12] Ngo D CL, Teo L S, Byrne J G. Modelling interface aesthetics[J]. *Information Sciences*, 2003, 152: 25.
- [13] Ishibashi K, Miyata K. Grid layout generator using interactive evolutionary computation[C]. *Proceedings of the International Conference on Biometrics and Kansei Engineering (ICBAKE)*. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2013: 1.
- [14] Luke S, Panait L, Balan G, *et al.* ECJ[EB/OL] (2013-10-18). [2015-3-18]. <http://cs.gmu.edu/~eclab/projects/ecj/>.
- [15] Xin J H, Cheng K M, Taylor G, *et al.* Cross-regional comparison of colour emotions Part I: Quantitative analysis[J]. *Color Research & Application*, 2004, 29(6): 451.
- [16] Ridpath C, Chisholm W. Techniques For Accessibility Evaluation And Repair Tools; W3C Working Draft, 26 April 2000 [EB/OL]. (2000-04-26). [2015-3-18]. <http://www.w3.org/TR/AERT>.
- [17] Nishiyama M, Okabe T, Sato I, *et al.* Aesthetic quality classification of photographs based on color harmony[C]//*Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2011.
- [18] Matsuda Y. Color design[M]. Tokyo: Asakura Shoten, 1995.