doi：10.13413/j.cnki.jdxblxb.2023327

基于 WAI-ARIA 的网页导航栏地标属性的标识方法

李玉聪[1]，汪士钦[2]，张梦玺[2]，刘华虓[2]
（1. 吉林大学第一医院，长春 130021；2. 吉林大学 计算机科学与技术学院，长春 130012）

摘要：针对多样化网页上视障用户导航的难题，提出一种自动标识导航栏地标的方法，以提高网页无障碍性. 首先，通过设计启发式规则，根据导航栏内有序元素排列以及子元素内常含超链接和精炼文字等规则，自动提取导航栏内的元素；其次，采用决策树二分类算法，用于分类导航栏中特征差异显著的元素；最后，对已识别的导航栏元素进行地标属性注入. 在对 100 个网站的实验评估中，该方法成功识别了 92.6%的导航栏元素，而注入的地标属性则显著提升了网站的无障碍性能，从而改善了视障用户的使用体验.

关键词：网页无障碍；地标；导航栏识别；决策树算法
中图分类号：TP311.5 **文献标志码**：A **文章编号**：1671-5489(2024)03-0697-07

Landmark Attribute Identification Method of Webpage Navigation Bar Based on WAI-ARIA

LI Yucong[1], WANG Shiqin[2], ZHANG Mengxi[2], LIU Huaxiao[2]
(1. *The First Hospital of Jilin University*, *Changchun* 130021, *China*;
2. *College of Computer Science and Technology*, *Jilin University*, *Changchun* 130012, *China*)

Abstract: Aiming at the problem of the navigational challenges for visually impaired users on diverse webpages, we proposed a method for automatically identifying navigation bars to improve webpage accessibility. Firstly, by designing heuristic rules, elements within the navigation bars were autonomously extracted based on the ordered element arrangement within the navigation bar, as well as rules such as hyperlinks and succinct textual content within sub-elements. Secondly, a decision tree binary classification algorithm was used to categorize elements with pronounced feature disparities in the navigation bars. Finally, the identified navigation bar elements were subject to the injection of Landmark attributes. In experimental evaluations of 100 websites, the method successfully identified 92.6% of navigation bar elements, and the infusion of Landmark attributes significantly improves website accessibility, thereby ameliorating the user experience for visually impaired individuals.
Keywords: webpage accessibility; Landmark; navigation bar recognition; decision tree algorithm

互联网技术的不断创新和发展使人们越来越依赖互联网进行学习、购物、娱乐等日常活动[1-2]. 网络在提供便利的同时，也为残障人士，尤其是视障群体提供了认知世界的工具和媒介[3]. 视障用户

收稿日期：2023-08-04.
第一作者简介：李玉聪(1980—)，男，汉族，硕士，助理研究员，从事计算机软件的研究，E-mail：leeyc@jlu.edu.cn. **通信作者简介**：刘华虓(1986—)，男，汉族，博士，副教授，从事智能化软件工程、数据挖掘和人机交互的研究，E-mail：liuhuaxiao@jlu.edu.cn.
基金项目：吉林省自然科学基金(批准号：20230101070JC).

是指那些由于视觉缺陷或盲症而在日常生活中依赖非视觉方式获取信息和导航的个体，通常分为全盲用户、低视力用户和弱视力用户，为视障用户提供必要且无障碍化的互联网服务是改善他们生活，打开新“视”界的有效方法[4-6].

开发人员在设计网站时通常会忽略视障用户这一特殊群体的需求，导致网站中存在大量可访问性问题，如未加标签、导航栏缺少地标(Landmark)属性等，使视障用户难以通过屏幕阅读器访问并使用网站[7]. 其中，导航栏作为用户了解网页框架的主要栏目，其能使屏幕阅读器在阅读导航栏信息时附加地标信息，帮助视障用户快速掌握网页信息，精准定位和访问所需的功能按钮. 而一旦导航栏中缺少地标属性，用户便无法清楚地认知导航栏所展示的内容，增加其理解难度，甚至会被导航栏内的超链接诱导而产生误操作. 上述情况在视障用户需要频繁访问的医疗领域相关网站中更突出[8].

基于此，本文面向视障用户提出一种针对网站中导航栏内缺失的地标元素的自动化识别及属性注入方法. 首先，通过设计启发式规则，识别并提取导航栏中的子元素、超链接和文本描述，建立导航栏属性库；其次，使用决策树分类算法[9]，对导航栏中特征差异明显的元素进行二分类，进一步识别所需的导航栏信息；最后，针对缺少地标属性的导航栏，通过遍历已识别到的导航栏元素，为其自动化注入“role=navigation”的地标属性. 评估实验结果验证了本文方法的有效性，可提高网站的无障碍性，改善视障用户的使用体验.

1 方法设计

首先利用 Selenium 工具搜集网站信息，建立包括网站 URL(uniform resource locator)、网站内标签〈div〉所包含元素以及存在 Landmark 标记信息的数据集；其次，对网站中的导航栏信息，利用设定好的启发式规则和决策树二分类算法分别进行内部元素特征筛选和整体特征分类，提取并识别导航栏地标；最后，遍历所有导航栏元素，获取含有〈nav〉标签的元素列表，进而借助 WebDriver 库为缺少地标属性的元素自动注入“role=navigation”. 本文方法流程如图 1 所示.

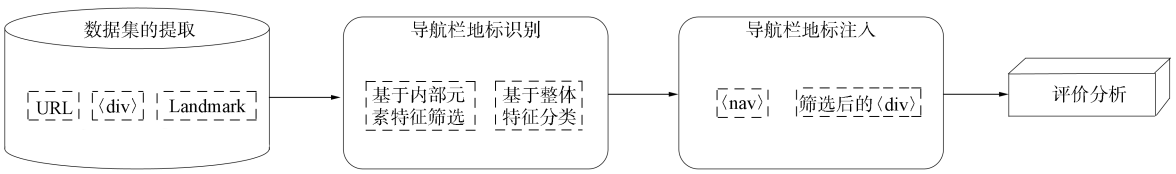


图 1 本文方法流程

Fig. 1 Flow chart of proposed method

1.1 数据集的提取

由于无障碍属性均依附于网站而存在，因此要对数据进行分析，先要获得网站的 URL 列表. 而 Selenium 是在 Web 应用中进行自动化测试的工具，可模拟真实用户进行一系列操作. 同时，网站中的各种属性值也可通过 Selenium 提供的 WebDriver 库提取，以支持本文方法的后续处理过程. 其中：Selenium 是一个开源框架，用于自动化进行网络浏览器交互，使开发人员能够模拟用户操作和测试网络应用程序；WebDriver 是一个程序接口和协议，其定义了一个语言中立的接口，用于控制 Web 浏览器的行为.

本文所需数据集的提取过程可分为三步：首先，导入必要的 Selenium 库并初始化 WebDriver，使用 Selenium 提供的 WebDriver 初始化浏览器实例，如 ChromeDriver；其次，使用 WebDriver 的元素定位方法(如 find_element_by_xpath，find_element_by_css_selector 等)找到目标〈div〉元素，使用 WebDriver 的相关方法(如 get_attribute)提取目标〈div〉元素的 URL 信息和属性；最后，将提取到的 URL 信息和〈div〉属性存储到相应的数据结构(.csv)中.

通过上述方法获取到所需的元素能够完成下一步对元素属性的提取以及对筛选后元素的注入. 获取到元素的属性则可以在进行标注后作为机器学习的数据集进行训练及模型评估[10].

1.2　导航栏地标识别和提取

导航栏地标角色即为网页中的导航栏部分，通常用来导航实现站内跳转或者链接其他站点．对于视障用户，导航栏地标在提供网页导航和内容访问方面起关键作用．通过在导航栏中标识和区分不同的导航元素，视障用户可更容易地定位和选择所需的导航目标，以实现快速的页面导航和内容浏览[11]．图 2 为一个网页中导航栏的实例图及部分对应的网页代码．

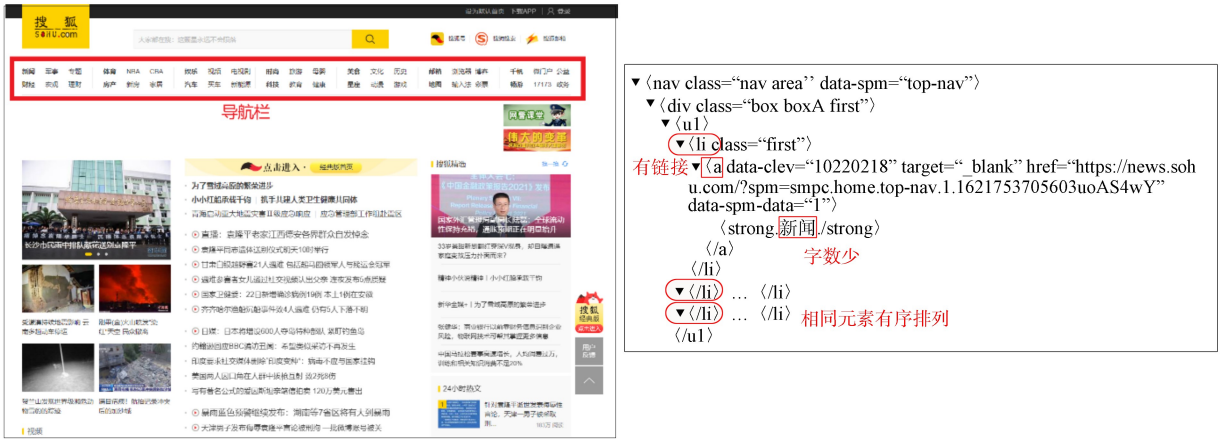


图 2　网页导航栏样例和相关代码

Fig. 2　Example of webpage navigation bar and related codes

本文通过对 WDC(web data commons)中 100 网站导航栏的研究，发现导航栏的内部元素有以下具有辨识的特征．

规则 1(元素特征提取规则)　令 N 表示导航栏地标，其中 N 是一个非空集合．对任意的 $n\in N$，令 $S(n)$表示 n 的子元素集合．对任意的 $n\in N$，满足以下条件：

1）$|S(n)|>3$，表示 n 内部的子元素数量大于 3 个；

2）对任意的 $m_1,m_2\in S(n)$，满足以下条件：

① $m_1\neq m_2$，表示子元素 m_1 和 m_2 不同；

② $|m_1|\approx|m_2|$，表示子元素 m_1 和 m_2 大小相近；

③ m_1 在 $S(n)$中的位置小于 m_2，表示两者在排列中的位置有序；

3）对任意的 $m\in S(n)$，m 包含至少一个跳转链接．

规则 2(文字特征提取规则)　令 N 表示导航栏地标，其中 N 是一个非空集合．对任意的 $n\in N$，令 $S(n)$表示 n 的子元素集合．对任意的 $n\in N$ 及任意的 $m\in S(n)$，满足以下条件：

1）$|m|\leqslant 8$，表示子元素 m 的文字内容不超过 8 个字；

2）子元素 m 的文字内容与网站的类别高度相关．

根据上述导航栏特征，本文对网站内的元素信息进行初步筛选．注意当开发人员设置导航栏时，开发人员会使用 HTML5(hyper text markup language 5)标准语义标签〈nav〉和无语义的块级元素标签〈div〉对导航栏进行设置．因为〈nav〉标签自带隐式的导航栏信息，因此本方法主要针对在不具备语义的〈div〉元素中区分出导航栏元素．但如果只针对导航栏元素内部的特征进行筛选，可能会获得其他与导航栏格式相同但功能无关的元素，如由〈Recyclerview〉生成的列表视图．因此本文方法以导航栏作为整体，分析其特征信息，做进一步的筛选．其中，导航栏的整体特征包括位置特征和尺寸特征．

特征 1(位置特征)　令 M 表示导航栏，其中 M 是一个非空集合．对任意的 $m\in M$，满足以下条件：

1）导航栏 M 的位置相对固定；

2）导航栏 M 的位置主要分布在网页的左侧、上侧，有时也会出现在右侧的侧边；

3）导航栏 M 的位置靠近网页边界．

特征 2(尺寸特征)　令 M 表示导航栏，其中 M 是一个非空集合．对任意的 $m\in M$，满足以下

条件：导航栏 M 长宽比存在显著大或显著小的特征，通常横跨网页或者纵贯网页.

上述两种特征没有固定的数值，也没有固定的区间，无法直接进行基于规则的筛选，因此本文采用决策树的二分类方法对导航栏的整体特征进行分析. 决策树是针对选择的不同进行不同的决策从而产生不同走向建立的树，是一种依托于选择和预测建立的具有数据预测功能的树[12]，该树的整体架构如图 3 所示. 其中，检测样例输入决策树中，从根节点开始遍历，根据样例属性和设定的判定规则决定该样例在分支中的走向[9].

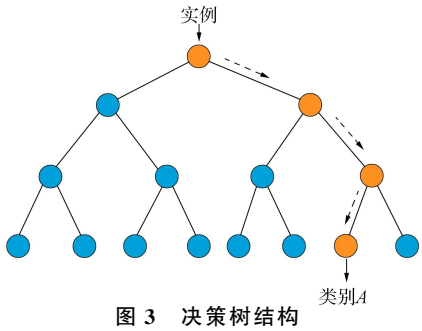


图 3 决策树结构

Fig. 3 Architecture of decision tree

本文建立决策树的基本步骤如下：

步骤 1) 假设一个训练样本集 $T=\{(x_1,y_1),(x_2,y_2),\cdots,(x_m,y_m)\}$；

步骤 2) 从 T 的属性集中选择最能区别 T 中样本的属性 $A=\{A_1,A_2,\cdots,A_m\}$；

步骤 3) 创建一个树节点，其值为 A，创建该节点的子节点序列，每个子节点代表 A 的唯一值或唯一区间，使用 A 的值将样本细分，得到新的更小的样本集；

步骤 4) 在每个新的样本集中重复步骤 3)的操作，但属性集不能包括已选择过的属性.

执行上述步骤进行二分类的一个重要指标是确定何时分类方法停止迭代，因此，本文采用信息熵评估算法的稳定性[13]，计算公式为

$$\mathrm{Entropy}(D)=-\sum_{i=1}^{m}p_i\log_2 p_i,$$

其中，Entropy(D)表示将样本集 D 中不同类别进行区分所需的信息量，m 表示样本集 D 中类别 A 的个数，p_i 表示 D 记录为 A_i 的概率.

综上，本文方法识别导航栏地标元素的算法流程如下：

输入：网站的 URL 及对应的 HTML 文档；

输出：该网站的导航元素信息；

步骤 1) 利用规则 1 和规则 2 对网站中的导航栏进行特征分析；

步骤 2) 根据导航栏的特征 1 和特征 2，采用有监督学习的决策树算法对导航栏进行二分类；

步骤 3) 结合信息熵函数对二分类任务进行评估，确定最终的导航栏元素.

1.3 导航栏地标属性注入

地标属性是指用于标识和描述导航栏的关键属性，如名称、角色、位置等. 缺少地标属性的导航栏可能会导致视障用户无法准确地理解导航栏的功能和导航选项. 通过进行地标属性注入，可将关键属性添加到导航栏中，以使其更具可访问性. 从而视障用户可通过辅助技术(如屏幕阅读器)获取导航栏的相关信息，并准确地导航到所需的页面或链接[14]. 地标属性的注入包括添加角色标记、设置适当的名称和描述、指定位置信息等，以便视障用户能更好地理解和使用导航栏[15].

本文对拥有〈nav〉标签但不具有 role 属性的元素，给出地标属性注入方法流程如下：

1) 根据网站源代码，获取到含有 nav 标签的元素列表；

2) 对获得的元素列表进行一遍筛选，去除已经含有 role=navigation 的元素；

3) 将剩下的元素列表进行遍历，给每个元素都加上导航栏的 role 属性.

1.4 地标识别及注入算法实现

给定一个待检测网页，其地标识别和属性注入过程如下：将该网页输入到本文方法中，首先提取其中的导航栏元素特征；其次，对导航栏整体特征进行二分类，得到的结果用于指导地标属性的注入；最后，明确所需注入地标属性的元素列表，根据前端技术对每个元素添加地标属性.

网页中导航栏地标的内部元素特征识别算法由 Python 提供的 WebDriver 库完成. 先使用 Chrome 浏览器进行加载，并初始化 browser 对象，通过直接调用库中自带的 find_element_by_xpath( )函数，

填入参数可以直接获得如〈header〉等标签元素，获得地标元素及 aria 其他属性则需要使用选择器方法，再使用 csv 库将获取的元素都以 csv 形式存储. 导航栏本身的整体特征识别采用决策树二分类算法，部署于 PyCharm version 2020.2.4，辅以 numpy，scikit-learn 和 pandas 三个库完成. Class DecisionTree 描述决策树模型，包含模型的初始化(_init_(self))、模型的训练(train(self,data,labels))和模型的预测(predict(self,sample)).

注入地标属性的具体方法和技术取决于网页的结构和技术实现. 本文使用 HTML,CSS(cascading style sheet)和 JavaScript 等前端技术实现地标属性的注入. 同时借助辅助技术标准和规范，如 WAI-ARIA(web accessibility initiative-accessible rich internet applications)指导地标属性的注入过程，以确保符合无障碍性标准和最佳实践.

2　实验验证

2.1　获取实验数据集

为便于研究人员对网页信息进行分析，WDC(web data commons)通过对互联网上的公共数据进行抓取和处理，收集了来自不同领域的网站信息. 其提供的数据集主要包括：网页数据集(web tables dataset)，该数据集收集了互联网上的结构化数据表格，包括 HTML 表格、CSV(comma separated values)文件和 JSON 数据等，这些结构化数据涵盖了各种主题和领域，如产品信息、地理数据、统计数据等；链接数据集(link data set)收集了网页之间的链接关系，形成了一个大规模的链接图谱，该图谱可用于网络分析、链接预测、搜索引擎优化等.

本文从 WDC 提供的网页数据集中共爬取了 100 个网站用于实验，其中包含 29 个医疗领域网站、18 个娱乐领域网站、21 个教育领域网站、12 个产品和商务领域网站以及 20 个社交媒体领域网站. 在得到这些网站 URL 的同时，本文也获取了其对应的结构化数据表格，用于后续利用规则和导航栏特征提取地标，并为他们注入地标属性.

2.2　实验方法

根据搜集到的数据集，本文首先评估了规则 1 和规则 2 的准确性. 主要方法如下：

1) 利用上述规则提取 100 个网站的导航元素；

2) 分析这些元素在网站 HTML 表格中的具体表现是否为导航元素；

3) 按如下公式计算规则所提取元素的准确度：

$$\mathrm{Accuracy}_{\mathrm{rule}}=\frac{\mathrm{CorrectSamples}}{\mathrm{TotalSamples}},$$

其中 $\mathrm{Accuracy}_{\mathrm{rule}}$ 表示两条规则的准确性，CorrectSamples 表示正确标识的样本数，TotalSamples 表示总样本数.

其次，本文进一步讨论了所采用的决策树二分类算法的有效性. 主要使用混淆矩阵对分类模型进行分析，进而计算精准率、召回率和 F_1 值 3 项指标对结果进行评估. 精确率(Precision)、召回率(Recall)和 F_1 值的计算公式如下：

$$\mathrm{Precision}=\frac{\mathrm{TP}}{\mathrm{TP}+\mathrm{FP}},$$

$$\mathrm{Recall}=\frac{\mathrm{TP}}{\mathrm{TP}+\mathrm{FN}},$$

$$F_1\text{-Score}=2\times\frac{\mathrm{Precision}\times\mathrm{Recall}}{\mathrm{Precision}+\mathrm{Recall}},$$

其中 TP 表示将正样本预测为正样本的概率，FP 表示将负样本预测为正样本的概率，FN 表示将正样本预测为负样本的概率. 一个二分类模型的混淆矩阵可简化为如表 1 所示，其中：真阳性(true positive，TP)表示样本被预测为正，其真实情况也为正；假阳性(false positive，FP)表示样本被预测为正，其真实情况却为负；假阴性(false negative，FN)表示样本被预测为负，其真实情况也为负；真阴性(true negative，TN)表示样本被预测为负，其真实情况却为正.

表1 二分类混淆矩阵

Table 1 Confusion matrix for binary classification

真实情况	预测情况	
	正例	反例
正例	真阳性	假阴性
反例	假阳性	真阴性

此外，本文通过展示注入地标属性前后这100个网站在WAVE(web accessibility evaluation tool)中的评分变化考察本文提出的地标注入方法的可用性.

2.3 实验结果和分析

利用规则1和规则2对100个网站导航元素的提取情况如下：共提取到425个导航栏，其中标识结果与原网站设计结果一致的有326个，准确率达81.1%. 因此，本文总结出的规则能有效提取网站中的导航元素，为进一步分析注入地标属性的有效性提供数据支撑. 但在实验过程中，仍存在一些导航栏被识别错误的情况，主要为网页中所呈现的其他类型的导航栏，这种导航结构为网页导航栏内细分出的导航结果. 该结果表明，仅使用基于导航栏元素内部的规则进行导航栏筛选的工作存在一定局限性，更体现了结合导航栏的整体特征进行综合分析的重要性. 进而，本文将数据集网站的整体导航栏和细分导航栏进行了标记，其中80%提供给决策树二分类模型进行训练，并讨论模型在剩下20%的测试集上的有效性.

表2为二分类模型在10次交叉验证后的评估结果. 由表2可见，决策树二分类方法的平均精确率达92.6%，平均召回率达90.6%，平均F_1值达92%. 可见，本文选择的决策树二分类模型分类效果较好.

表2 分类实验的评估结果

Table 2 Evaluation results of classification experiments

交叉次数及平均值	召回率	精确率	F_1值
第1次	0.960	0.890	0.90
第2次	0.900	0.870	0.89
第3次	0.950	0.920	0.94
第4次	0.940	0.910	0.92
第5次	0.920	0.900	0.91
第6次	0.980	0.930	0.95
第7次	0.930	0.900	0.92
第8次	0.880	0.900	0.92
第9次	0.880	0.890	0.90
第10次	0.920	0.950	0.95
平均值	0.926	0.906	0.92

在对数据集中100个网站注入导航地标属性前后的可访问性进行评分后的结果表明，所有网站在注入地标属性后的评分均有提升，约平均提升7.8分，其中医疗领域的网站提升最高，平均达17.5分，这主要是因为该领域内网站的功能多样且复杂，有更多功能亟需导航地标帮助视障用户访问和使用. 同时，此类网站也是视障用户频繁访问的网站之一，对其可访问性的提高能极大改善视障用户的使用体验.

综上所述，本文针对网页无障碍属性中的导航栏地标进行了自动化识别的属性注入，通过为网站添加地标属性，帮助视力障碍者更好地对网页全局有清楚的认识，添加导航栏地标可使用户清楚导航栏的位置，并能通过快捷键直接定位到导航栏部分. 实验结果表明，该方法对元素的分类准确率可达92.6%，且注入后的网站可访问性有显著提高.

参 考 文 献

[1] CHEN J, CHEN C, XING Z, et al. Unblind Your APPs: Predicting Natural-Language Labels for Mobile Gui

Components by Deep Learning [C]//International Conference on Software Engineering. Piscataway, NJ: IEEE, 2020: 322-334.

[2] 邓爱林，冯钢，刘梦婕. 5G+工业互联网的关键技术与发展趋势 [J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版)，2022，34(6)：967-975. (DENG A L, FENG G, LIU M J. Key Technologies and Development Trends in 5G+ Industrial Internet [J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications (Natural Science Edition), 2022, 34(6): 967-975.)

[3] ALSHAYBAN A, AHMED I, MALEK S. Accessibility Issues in Android APPs: State of Affairs, Sentiments, and Ways Forward [C]//International Conference on Software Engineering. Piscataway, NJ: IEEE, 2020: 1323-1334.

[4] XU T L, WANG B S, LIU H, et al. Prevalence and Causes of Vision Loss in China from 1990 to 2019: Findings from the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. The Lancet Public Health, 2020, 5(12): e682-e691.

[5] 工业和信息化部，中国残疾人联合会. 中国残联关于推进信息无障碍的指导意见 [EB/OL]. (2020-09-11) [2023-05-16]. http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwbfbh/wqfbh/42311/44021/xgzc44027/Document/1690214/1690214.htm. (MINISTRY OF INDUSTRY AND INFORMATION TECHNOLOGY, CHINA DISABLED PERSONS' FEDERATION. China Disabled Persons' Federation Guidelines on Promoting Information Accessibility [EB/OL]. (2020-09-11)[2023-05-16]. http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwbfbh/wqfbh/42311/44021/xgzc44027/Document/1690214/1690214.htm.)

[6] 国家发展和改革委员会. 关于印发《"十四五"公共服务规划》的通知 [EB/OL]. (2021-01-10)[2023-05-18]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202201/t20220110_1311622.html?code=&state=123. (NATIONAL DEVELOPMENT AND REFORM COMMISSION. The 14th Five-Year Plan on Public Service [EB/OL]. (2021-01-10)[2023-05-18]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202201/t20220110_1311622.html?code=&state=123.)

[7] BAJAMMAL M, MESBAH A. Semantic Web Accessibility Testing via Hierarchical Visual Analysis [C]//International Conference on Software Engineering. Piscataway, NJ: IEEE, 2021: 1610-1621.

[8] SONG S Y, BU J J, WANG Y, et al. Web Accessibility Evaluation in a Crowdsourcing-Based System with Expertise-Based Decision Strategy [C]//International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility. New York: ACM, 2018: 1-4.

[9] CHARBUTY B, ABDULAZEEZ A. Classification Based on Decision Tree Algorithm for Machine Learning [J]. Journal of Applied Science and Technology Trends, 2021, 2(1): 20-28.

[10] 崔景洋，陈振国，田立勤，等. 基于机器学习的用户与实体行为分析技术综述 [J]. 计算机工程，2022，48(2)：10-24. (CUI J Y, CHEN Z G, TIAN L Q, et al. Overview of User and Entity Behavior Analytics Technology Based on Machine Learning [J]. Computer Engineering, 2022, 48(2): 10-24.)

[11] PEREIRA L S, DOMINIQUE A. Correlating Navigation Barriers on Web 2.0 with Accessibility Guidelines [C]//International Conference on Computers for Handicapped Persons. Piscataway, NJ: IEEE, 2018: 14-21.

[12] 王进，余薇，孙开伟，等. 基于聚类提升树的多标签学习 [J]. 江苏大学学报(自然科学版)，2021，42(4)：428-437. (WANG J, YU W, SUN K W, et al. Multi-label Leaning Based on Boosting Clustering Trees [J]. Journal of Jiangsu University (Natural Science Edition), 2021, 42(4): 428-437.)

[13] SEAL D B, SAHA S, MUKHERJEE M, et al. Gene Ranking: An Entropy & Decision Tree Based Approach [C]//Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference. Piscataway, NJ: IEEE, 2016: 1-5.

[14] GRANT J, SUMILANG G, PROVIDENTI M, et al. Accountability for the Hidden Codes toward a Better User Experience: Case Study of HRsimple Communication Design for Web Accessibility and SEO [C]//International Conference on Design of Communication. New York: ACM, 2021: 347-350.

[15] ACOSTA-VARGAS P, SALVADOR-ULLAURI L A, LUJÁN-MORA S. A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users with Low Vision [J]. IEEE Access, 2019, 7: 125634-125648.

(责任编辑：韩　啸)