



# 用于内置式标签地图权重表达的等差 字大策略评估

杨 乃<sup>1</sup> 庞旭静<sup>1</sup> 奚大平<sup>1</sup> 吴国佳<sup>1</sup>

1 中国地质大学(武汉)地理与信息工程学院,湖北 武汉,430078

**摘 要:**在标签地图应用日益增加的背景下,亟需开展标签权重表达策略的评估研究。引入眼动跟踪方法,针对常用于标签地图权重表达的一种等差字大策略进行评估。实验设定无目的的自由浏览和有目的的阅读分析两个应用场景,布置标签选取、识别/搜索、记忆和主观评价任务,统计分析被试完成以上任务的眼动数据和其他衍生数据,结果显示:(1)不同大小的标签在信息凸显性、视觉吸引力、权重记忆以及识别/搜索时的搜索效率、阅读效率和认知负担方面并未表现出明显差异性;(2)文字大小处于上游的标签相比处于下游的标签更加容易被识别/搜索,被试的兴趣度更高,但并不意味着文字越大的标签越容易被识别/搜索,被试的兴趣度越高;(3)采用等差字大策略的标签地图总体评价良好。该研究有助于地图设计者进一步了解等差字大策略的特点。

**关键词:**文本地图;眼动跟踪;地图认知;地图评价;词云;标签云

**中图分类号:**P283.1

**文献标志码:**A

标签地图在地图上展示文本信息精练后的标签云或词云,能够实现表达区域的精准高效认知<sup>[1]</sup>,近些年在很多领域得到了应用,如新型冠状病毒肺炎疫情感染风险场所评估<sup>[2]</sup>、全国人文/自然地理实体地名制图<sup>[3]</sup>、民族人口分布专题信息表达<sup>[4-5]</sup>等。除了本身的语义信息外,标签在文本中出现的频率、重要性等非语义信息也是标签地图的重点表达内容<sup>[6-7]</sup>,这些非语义信息赋予了标签不同的权重。和标签云或词云一样,标签地图通常也以不同的文字大小来展示其差异性<sup>[8]</sup>,标签大小与标签权重大多呈比例关系<sup>[9-11]</sup>、指数关系<sup>[12]</sup>、对数关系<sup>[13]</sup>或线性关系<sup>[6-7,14]</sup>等,本文将这种标签权重的表达策略简称为文字大小策略。

文献[15]指出文字大小在标签记忆、识别方面鲁棒性强,较大的文字比较小的文字表现要好;文献[16]认为文字大小对用户快速便捷地查找信息非常重要;文献[17]在比较了标签的一系列视觉变量后,指出文字大小和粗细比明度、字符数量以及标签面积的视觉重要性更强,是标签云设计需要重点考虑的视觉变量;文献[18]发现大的标签更易凸显出来而被用户选择。此外,也

有一些研究表明,文字大小策略存在一些问题。文献[19]指出虽然较大的标签更容易吸引用户注意力,但较小的标签往往得不到足够的重视,甚至可能被忽视;文献[20]认为这样会导致用户错过一些小标签蕴藏的有意思的信息,从而让这些标签显得多余;文献[21]则认为这种策略使得标签的布局不符合人们从上到下、从左到右的自然阅读习惯,降低了标签的阅读效率;文献[22]还指出标签的宽度、高度及字符组成个数都容易引起标签大小误判,从而影响用户对标签权重的判读。这些对文字大小策略的评估研究均以标签云或词云为研究对象,基于用户问卷或交互统计分析完成,缺少视觉认知的客观直接评价,眼动跟踪方法的引入有助于完善相关研究<sup>[15-17,21]</sup>,其通过眼动数据的记录与分析,能够进一步量化评估用户阅读标签地图时的视觉认知过程<sup>[20,23]</sup>。为此,本文选择以最常见的一类标签地图——内置式标签地图为研究对象,引入眼动跟踪方法,对表达标签权重的一种文字大小策略——等差字大策略进行评估。

收稿日期:2022-07-19

项目资助:国家自然科学基金(42171438)。

第一作者:杨乃,博士,副教授,主要从事地图可视化、时空大数据可视化分析与应用等方面的研究。yangnai@cug.edu.cn

通讯作者:奚大平,博士,副教授。46619441@qq.com

1 眼动实验设计

1.1 实验刺激

内置式标签地图是一种将标签云填充于表达区域内的可视化形式<sup>[1]</sup>,标签的布局受表达区域轮廓的影响<sup>[7]</sup>,因此,对这类标签地图的文字大小策略进行评估需充分考虑不同的轮廓形状。为此,本文选择了轮廓延伸方向各异的 5 个国家(索马里、多哥、尼泊尔、土耳其、波兰)作为实验区域,其中土耳其、索马里、尼泊尔和多哥的轮廓延伸方向分别呈水平、45°、-45°、竖直方向,波兰的轮廓延伸方向不明显。将 5 个国家的内置式标签地图作为实验刺激材料,为了避免文字大小之外的因素影响实验结果,本文在生成标签地图时进行了如下设定:(1)由于字符数量、字符高度、字符长度等都会影响用户对标签大小的判断<sup>[22,24]</sup>,每幅地图的标签均由 5 个相同字体的黑色大写字母组成;(2)标签本身的语义会影响用户的阅读行为<sup>[20,25]</sup>,为了消除标签语义对实验的影响,每幅标签地图的标签均由随机生成的字母组成,使得每个标签均无实际含义;(3)为了便于比较分析,本文采用的等差字大策略将每幅标签地图中的标签随机分配到 5 个等级中,等级 1~5 的标签权重逐渐降低,文字大小等差减小,同一等级内的标签大小一样,相邻等级的标签大小相差 3 像素,文字大小为 10~22 像素;(4)为了尽量避免标签数量的影响,标签地图的标签数量控制在 30±1 个;(5)为了避免记忆效应,不同国家标签地图中的标签尽量避免重复出现;(6)每幅地图中的标签均按首字母排序,从上到下、从左到右排列,每个标签均水平放置,以使其符合人的阅读习惯<sup>[21]</sup>。最终生成的 5 个国家的标签地图如图 1 所示。

1.2 实验任务

和使用其他常规地图一样,用户可能带有一定的目的性,也有可能仅仅是漫无目的的阅读,针对这两类应用场景,本文设计了两部分实验:(1)无目的的标签地图自由浏览;(2)有目的的标签地图阅读分析。在第一部分实验中,被试只需依次随意浏览屏幕上随机排序出现的 5 个国家的标签地图即可。标签云的相关研究指出文字大小在标签记忆、识别、选择和信息搜索的便捷性方面都有较好的表现<sup>[15-18,21]</sup>。在第二部分实验中,在以上各个方面针对每幅标签地图都设置了相应的任务,被试需要完成如表 1 所示的 5 个视觉搜索子任务(用于可用性评估)和 3 个主观评价子任务(用于易用性评

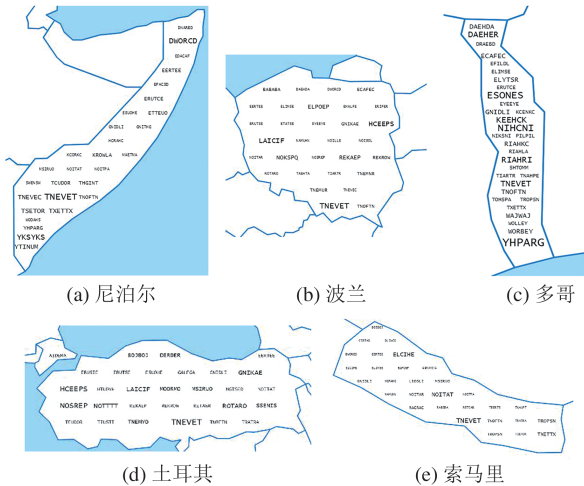


图 1 实验刺激(标签地图)  
Fig.1 Experimental Stimuli(Tag Maps)

表 1 实验任务  
Tab.1 Experimental Tasks

实验内容	序号	任务	目的
可用性	1	选取标签地图中权重最大的标签	标签选取
	2	查找权重处于较低等级的某个标签	标签识别/搜索
	3	查找权重处于中游的某个标签	
	4	查找权重处于较高等级的某个标签	
易用性	5	根据权重大小对任务 2~4 中查找到的标签进行排序	标签记忆
	6	对自己的选择非常确定?	确信度
	7	地图非常容易理解?	可读性
	8	我非常喜欢这种地图?	偏好

估)。其中,任务 1~4 中涉及的标签处于地图的不同位置,以避免记忆效应的影响。最后,被试需执行 5 幅标签地图共计 5×8 个子任务。

1.3 实验设备

眼动反映了大脑的视觉信息处理过程,在地理可视化信息传递效用评估方面,眼动跟踪是一种可靠的方法<sup>[23,26]</sup>。实验通过 Tobii Pro X3-120 眼动跟踪仪采集眼动数据,以此分析用户使用标签地图时的信息处理、视觉搜索和认知负荷各项指标,如表 2 所示。该眼动跟踪仪的采样率为 120 Hz,准确度为 0.4°,精确度为 0.24°,追踪距离为 50~90 cm。所有被试的数据通过 Tobii Pro Lab 1.138 软件和 SPSSPRO 平台记录并进行分析。所有操作在 CPU 为 i5-7300HQ@2.50 GHz 四核,内存为 16 GB(金士顿 DDR4 2 666 MHz),显卡为 Nvidia GeForce GTX 1050(4 GB),屏幕

分辨率为 1 920×1 080 的笔记本电脑上完成。

表 2 眼动指标及认知意义<sup>[23]</sup>  
Tab.2 Eye-Tracking Metrics and Their Cognitive  
Meaning<sup>[23]</sup>

类别	指标	认知意义
信息处理 指标	总注视时间	总注视时间越长,兴趣度越高
	首次注视时间	首次注视时间越短,目标凸显性 越强
	首次注视持续 时间	首次注视持续的时间越长,意味 着目标吸引力越强
视觉搜索 指标	眼跳频率	眼跳频率越高,搜索效率越高
	平均眼跳幅度	眼跳幅度越长,单次注视获得的 信息越多,阅读效率越高
认知负荷 指标	平均瞳孔直径	平均瞳孔直径越大,总体的认知 负担越重
	最大瞳孔直径	最大瞳孔直径越大,局部区域的 认知负担越重

1.4 实验过程

实验安排在安静、明亮的办公室内进行,被试要求与眼动仪之间保持 70 cm 左右的距离。首先,实验开始前告知被试实验注意事项、研究目的和实验流程;然后,进行背景信息调查,被试填写基本信息(年龄、性别、有无相关经验与知识);最后,进入任务执行部分,在正式任务开始前,被试将通过标签地图示例了解标签地图的使用方法和文字大小含义。

第一部分无目的的标签地图自由浏览实验中,5 幅标签地图出现的顺序随机,每幅标签地图出现前都提供一个空白校准页,经 2 s 后切换至标签地图,每幅标签地图呈现 10 s,10 s 后自动切换至下一个空白校准页,再经 2 s 后切换至下一幅标签地图,如此循环,最后一幅标签地图的浏览任务完成后将自动切换至第二部分实验。

第二部分有目的的标签地图阅读分析实验中,5 幅标签地图的实验过程相同,首先出现一个空白校准页,然后开始执行任务。被试执行表 1 中前 4 个任务时,屏幕上会出现任务指令文本,被试了解任务需求后即可切换至标签地图,在标签地图上通过鼠标点击相应的标签来完成任务,然后自动切换至下一任务,任务 2~4 出现顺序随机,被试执行第 5 个任务时只需选择相应的选项,然后自动切换至主观评价任务。主观评价所有任务均采用 5 分制李克特量表,被试在屏幕上点击相应的选项即可切换至下一任务。一幅标签地图的所有任务完成后,将进入下一幅标签地图

的实验过程,5 幅标签地图按随机排序顺序出现,避免实验刺激顺序效应带来的影响。

2 结果分析

2.1 被试概况

本次实验共有 33 名被试参与,于 2022 年 1 月上旬完成。年龄为 19~25 岁,学历为本科生或研究生,均无眼部疾病(如高度近视、色觉弱或散光),视力或矫正后视力 1.0。眼动采样率低于 70% 的被试数据将被删除,共有 2 名被试因校准失败或记录失败而被排除在分析之外,最终有效被试 31 名。

2.2 实验结果

在实验刺激中,每个标签的外包络矩形被设置为兴趣区,通过 Tobii Pro Lab 1.138 软件统计各个标签上的眼动数据(见表 2)。每项眼动指标数值由 5 个国家标签地图中该项眼动指标数值取平均值得到。所有数值在 SPSSPRO 平台采用 Kruskal-Wallis(K-W)检验方法进行统计分析,然后采用 MannWhitney U 检验方法进行多重比较分析。

2.2.1 无目的地图自由浏览实验结果分析

在无目的自由浏览任务中,对被试在不同权重等级中的各个标签上的总注视时间、首次注视时间和首次注视持续时间进行统计。以标签权重等级为自变量,以上 3 个眼动数据为因变量,采用 K-W 检验方法进行统计分析,结果如表 3 所示,其中显著性水平为 0.05,差异性显著的加粗表示。

表 3 无目的的自由浏览任务 K-W 检验结果  
Tab.3 K-W Test Results for Unpurposed Map Free  
Browsing Tasks

权重等级	眼动指标		
	总注视时间 /s	首次注视 时间/s	首次注视持续 时间/s
等级 1	0.460	4.033	0.202
等级 2	0.334	3.304	0.204
等级 3	0.155	3.221	0.176
等级 4	0.072	3.761	0.173
等级 5	0.029	3.550	0.172
F 值	19.761	4.748	3.641
显著性	0.001	0.314	0.457

由表 3 可知,被试在不同权重等级标签上的首次注视时间和首次注视持续时间没有统计学意义上的显著差异性,说明不同大小的标签在信息凸显性与视觉吸引力方面并无明显差异。而



被试在不同权重等级标签上的总注视时间具有统计学意义上的显著差异性,说明被试在无目的的自由浏览标签地图时,不同大小的标签引发的兴趣度具有显著差异。进一步的多重比较分析结果如表 4 所示,差异性显著的加粗表示。由表 4 可知,被试在权重等级为 1 和 2 的标签上的总注视时间显著高于权重等级为 4 和 5 的标签,说明在无目的的自由浏览标签地图时,被试在文字大小处于上游的标签上总注视时间长于文字大小处于下游的标签,兴趣度更高。图 2 为基于总注视时间生成的热力图,所有地图上位于深红色区域的标签都是权重等级为 1 和 2 的标签。结合表 4 可知,被试在文字大小处于中上游(权重等级为 1、2 和 3)或下游(权重等级为 4 和 5)的标签上的总注视时间并无显著性差异,由此可见,标签大小与总注视时间并不是正相关关系,即并不是标签越大,兴趣度越高。

表 4 无目的的自由浏览任务的总注视时间多重比较

Tab.4 Multiple Comparisons of Total Fixation Duration for Unpurposed Map Free Browsing Tasks

权重等级		平均值差值 ( $I-J$ )	显著性
等级 $I$	等级 $J$		
1	2	0.127	1.095
	3	0.305	0.111
	4	0.389	<b>0.016</b>
	5	0.431	<b>0.016</b>
2	1	-0.127	1.095
	3	0.179	0.063
	4	0.262	<b>0.016</b>
	5	0.304	<b>0.016</b>
3	1	-0.305	0.111
	2	-0.179	0.063
	4	0.083	0.111
	5	0.126	<b>0.016</b>
4	1	-0.389	<b>0.016</b>
	2	-0.262	<b>0.016</b>
	3	-0.083	0.111
	5	0.042	0.063
5	1	-0.431	<b>0.016</b>
	2	-0.304	<b>0.016</b>
	3	-0.126	<b>0.016</b>
	4	-0.042	0.063

2.2.2 有目的地图阅读分析实验结果分析

为了和无目的地图自由浏览实验的眼动数据进行比较,在有目的地图阅读分析任务中,仍

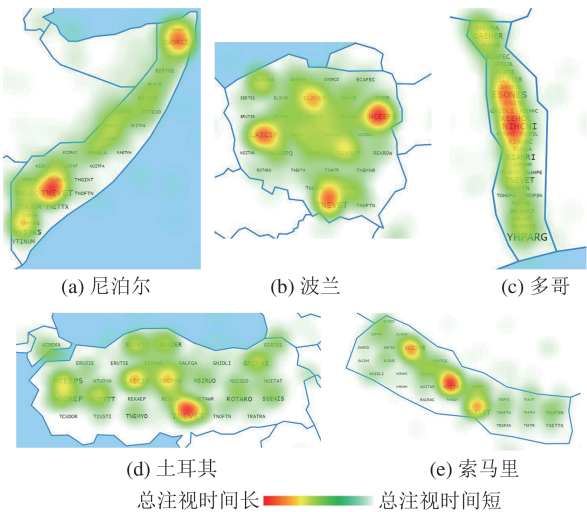


图 2 眼动热力图

Fig.2 Heat Map of Eye Movement Data

然统计了被试在不同权重等级中的各个标签上的总注视时间、首次注视时间和首次注视持续时间,此外,在部分任务中还对眼跳频率、平均眼跳幅度、平均瞳孔直径和最大瞳孔直径进行了统计。

1) 标签选取任务结果分析

最大或最重要标签的选取是标签云或词云评估研究中常用的一项任务<sup>[25]</sup>,对应本文的任务 1 (见表 1)。以标签权重等级为自变量,以被试选取权重最大标签时的总注视时间、首次注视时间和首次注视持续时间为因变量,采用 K-W 检验方法进行统计分析,结果如表 5 所示。由表 5 可知,被试在不同权重等级标签上的首次注视时间和首次注视持续时间没有统计学意义上的显著差异性,说明不同大小的标签在信息凸显性与视觉吸引力方面并无明显差异。被试在不同权重等级标签上的总注视时间具有统计学意义上的显著差异性,说明被试在选取权重最大的标签时,

表 5 选取任务 K-W 检验结果

Tab.5 K-W Test Results for Tag Selection Tasks

权重等级	眼动指标		
	总注视时间/s	首次注视时间/s	首次注视持续时间/s
等级 1	0.340	2.005	0.176
等级 2	0.200	1.658	0.173
等级 3	0.076	2.030	0.152
等级 4	0.051	1.635	0.183
等级 5	0.024	1.516	0.164
$F$ 值	21.216	5.346	3.050
显著性	0	0.254	0.550

不同大小的标签引发的兴趣度具有显著差异。进一步的多重比较分析结果如表6所示,由表6可知,权重等级为1和2的标签分别与其他4个权重等级的标签的总注视时间具有统计学意义上的显著差异性,被试在权重等级为1的标签上总注视时间显著高于其他4个权重等级的标签,在权重等级为2的标签上总注视时间显著高于权重等级为3、4、5的标签,这说明在选取权重最大的标签时,被试在文字大小处于上游的标签上总注视时间差异显著,且长于文字大小处于中下游的标签,兴趣度更高。此外,被试在文字大小处于中下游的标签(权重等级为3、4、5)上的总注视时间并无显著性差异,由此可见,标签大小与总注视时间并不是正相关关系,即并不是标签越大,兴趣度越高。

表6 选取任务的总注视时间多重比较  
Tab.6 Multiple Comparisons of Total Fixation Duration for Tag Selection Tasks

权重等级		平均值差值 ( $I-J$ )	显著性
等级 $I$	等级 $J$		
1	2	0.140	0.016
	3	0.264	0.016
	4	0.289	0.016
	5	0.316	0.016
2	1	-0.140	0.016
	3	0.124	0.016
	4	0.149	0.016
	5	0.176	0.016
3	1	-0.264	0.016
	2	-0.124	0.016
	4	0.025	0.444
	5	0.052	0.063
4	1	-0.289	0.016
	2	-0.149	0.016
	3	-0.025	0.444
	5	0.028	0.063
5	1	-0.316	0.016
	2	-0.176	0.016
	3	-0.052	0.063
	4	-0.028	0.063

2) 标签识别/搜索任务结果分析

标签的识别与查找是标签云或词云的基本功能<sup>[27]</sup>,对应本文的任务2、3、4(见表1)。为简化实验流程,本文从权重等级为1、2的标签中选择一个标签代表高权重标签;从权重等级为3的标签中选择一个标签代表中权重标签;从权重等级为4和5的标签中选择一个标签代表低权重标签。

被试需识别查找这些标签,这些标签在地图上的位置随机分布。以标签权重等级为自变量,以被试识别/搜索具体标签时的总注视时间、首次注视时间和首次注视持续时间为因变量,采用K-W检验方法进行统计分析,结果如表7所示。

表7 识别/搜索任务K-W检验结果1  
Tab.7 K-W Test Results for Tag Recognition/Search Tasks 1

权重等级	眼动指标		
	总注视时间/s	首次注视时间/s	首次注视持续时间/s
高	0.286	5.079	0.189
中	0.181	5.382	0.181
低	0.067	3.960	0.164
$F$ 值	12.500	2.222	0.380
显著性	0.002	0.330	0.827

由表7可知,被试在不同权重等级标签上的首次注视时间和首次注视持续时间没有统计学意义上的显著差异性,说明不同大小的标签在信息凸显性与视觉吸引力方面并无明显差异。被试在不同权重等级标签上的总注视时间具有统计学意义上的显著差异性,说明被试在识别/搜索具体标签时,不同大小的标签引发的兴趣度具有显著差异。进一步的多重比较分析结果如表8所示,其中,不同权重等级的标签之间在总注视时间上具有统计学意义上的显著差异性,权重等级越高,总注视时间越长,这说明被试在识别/搜索具体标签时,文字越大,兴趣度更高。

表8 识别/搜索任务的总注视时间多重比较1  
Tab.8 Multiple Comparisons of Total Fixation Duration for Tag Recognition/Search Tasks 1

权重等级		平均值差值 ( $I-J$ )	显著性
等级 $I$	等级 $J$		
高	中	0.104	0.016
	低	0.219	0.016
中	高	-0.104	0.016
	低	0.114	0.016
低	高	-0.219	0.016
	中	-0.114	0.016

为了检验标签的识别/搜索效率以及被试的认知负担,本文还统计了被试的眼跳频率、平均眼跳幅度、平均瞳孔直径和最大瞳孔直径4个眼动数据,此外,对任务的完成时间也做了统计。以标签权重等级为自变量,以被试识别/搜索具体标签时

的眼跳频率、平均眼跳幅度、平均瞳孔直径、最大瞳孔直径和完成任务的时间为因变量,采用K-W检验方法进行统计分析,结果如表9所示。

表 9 识别/搜索任务 K-W 检验结果 2  
Tab.9 K-W Test Results for Tag Recognition/Search Tasks 2

权重等级	眼动指标				完成任务时间 /s
	眼跳频率/(次·s <sup>-1</sup> )	平均眼跳幅度/(°)	平均瞳孔直径/mm	最大瞳孔直径/mm	
高	0.967	2.673	2.965	3.528	4.746
中	0.905	2.378	3.015	3.585	6.949
低	0.925	2.077	2.986	3.563	7.434
F 值	0.560	0.420	3.440	4.460	7.760
显著	0.756	0.811	0.179	0.108	0.021

由表9可知,被试在识别/搜索不同权重等级的标签时,眼跳频率、平均眼跳幅度、平均瞳孔直径和最大瞳孔直径上没有统计学意义上的显著差异性,说明不同大小的标签在搜索效率、阅读效率、总体认知负担和局部区域认知负担方面并无明显差异。被试在识别/搜索不同权重等级的标签时,完成任务时间上具有统计学意义上的显著差异性,说明被试在识别/搜索不同大小的标签时的难易程度上具有显著差异。进一步的多重比较分析结果如表10所示,由表10可知,高权重标签的识别/搜索任务完成时间显著少于低权重标签,这从侧面反映了文字大小处于上游的标签相比处于下游的标签更加容易被识别/搜索,尽管如此,由于中权重标签与高权重和低权重标签的识别/搜索任务完成时间并无显著性差异,说明文字大小与识别/搜索的难易程度并不是正相关关系,即标签越大,并不意味着识别/搜索难度越低。

表 10 识别/搜索任务的完成时间多重比较  
Tab.10 Multiple Comparisons of Completion Time for Tag Recognition/Search Tasks

权重等级		平均值差值 (I-J)	显著性
等级 I	等级 J		
高	中游	-2.203	0.111
	较低	-2.688	0.016
中	较高	2.203	0.111
	较低	-0.485	1.095
低	较高	2.688	0.016
	中游	0.485	1.095

3)标签记忆任务结果分析

在完成标签的识别/搜索任务后,被试需要根据记忆来对这些标签进行排序,对应任务5(见表1)。本文统计了每幅标签地图不同权重标签完成正确排位的平均被试人数。以标签权重等级为自变量,以正确完成标签记忆任务的平均被试人数为因变量,采用K-W检验方法进行统计分析,结果如表11所示。由表11可知,不同权重等级的标签在记忆的正确性上并没有表现出统计学意义上的显著差异,即标签的大小并未显著加深或减弱被试对于标签权重等级的记忆效果。

表 11 标签记忆任务 K-W 检验结果  
Tab.11 K-W Test Results for Tag Recalling Tasks

权重等级	平均正确人数	正确率/%
高	20.2	69.66
中	17.0	58.62
低	17.4	60.00
F 值	2.013	
显著性	0.366	

4)主观评价任务结果分析

本文从确信度、可读性和偏好程度3个方面统计了被试对标签地图的主观评价情况,对应任务6~8(见表1)。将被试的5分制李克特量表打分数数据汇总平均,结果如图3所示。由图3可知,被试的确信度为3.70分,易用度为3.52分,喜爱度为3.14分,均超过了3分,说明被试对使用等差字大表达标签权重的标签地图总体评价处于中等略偏高水平。

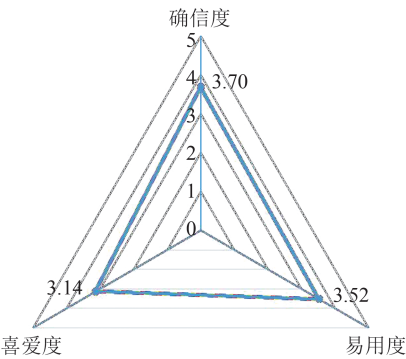


图 3 主观评价任务结果统计图  
Fig.3 Statistical Chart of Subjective Evaluation Tasks

3 总结与展望

本文通过眼动实验,针对无目的的自由浏览和有目的的阅读分析两个常见应用场景,对于内置式标签地图权重表达的等差字大策略进行了客

观评价,结果表明:(1)不论有、无目的使用标签地图,不同大小的标签引发的兴趣度具有显著差异,被试对文字大小处于上游的标签兴趣度更高,除识别/搜索任务外,这并不意味着标签越大,就越能引发被试的兴趣,在文字大小处于下游的标签中尤其如此。(2)不论有、无目的地使用标签地图,不同大小的标签在信息凸显性与视觉吸引力方面并未表现出明显差异性。(3)识别/搜索不同大小的标签时,搜索效率、阅读效率和认知负担方面并无明显差异。(4)文字大小处于上游的标签相比处于下游的标签更加容易被识别/搜索,但并不意味着标签越大,识别/搜索难度越低。(5)文字的大小并未显著加深或减弱被试对于标签权重等级的记忆效果。(6)被试对通过等差字大表达标签权重的标签地图总体评价处于中等略偏高水平。

本文的研究丰富了标签地图权重表达策略的评估内容,有助于地图设计者进一步了解等差字大策略的特点。在地理、人文和信息三元空间内,作为泛地图的一种类型<sup>[28]</sup>,标签地图在地理信息可视化表达、新媒体舆情分析、地域性文创宣传等潜在应用领域<sup>[1]</sup>,除文字大小之外,还可结合文字的明度、字体、颜色等等视觉属性或附带辅助图表来展现标签权重的差异,以此提升文字大小策略的总体评价水平。由于本文对实验刺激材料进行了一些约束,可能会导致实验结果与真实情况存在差距。轮廓的形状、面积、标签密度等等是否与标签大小存在交互作用,标签的其他文字视觉属性(如字体、颜色等)以及标签的尺寸设置(如尺寸范围、变化规律等)是否会对研究结果造成影响,还需针对不同用户或读者开展研究<sup>[29]</sup>。

### 参 考 文 献

- [1] Yang Nai, Wu Guojia, Yang Chuncheng. Overview of Text Map Visualization[J]. *Journal of Geomatics*, 2021, 46(1): 48-52 (杨乃, 吴国佳, 杨春成. 文本地图可视化综述[J]. 测绘地理信息, 2021, 46(1): 48-52)
- [2] Yao Yao, Yin Hanyu, Li Xinyi, et al. Fine-Scale Risk Assessment of COVID-19 in Wuhan Based on Multisource Geographical Data[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(19): 7493-7508 (姚尧, 尹瀚均, 李歆艺, 等. 基于多源地理数据精细尺度的武汉市人居环境新型冠状病毒肺炎疫情传播风险评估[J]. 生态学报, 2021, 41(19): 7493-7508)
- [3] Ge Yong, Man Wang, Ren Zhoupeng, et al. Application Research on Geographical Names Cartography: A Case Study of General Survey Results of Geographical Names [J]. *Journal of Geomatics*, 2021, 46(1): 21-27 (葛咏, 满旺, 任周鹏, 等. 地名制图应用研究: 以地名普查成果为例[J]. 测绘地理信息, 2021, 46(1): 21-27)
- [4] Jiang Wenping, Sun Yujie, Huang Lina, et al. A Thematic Tag Cloud Layout Method Considering Multi-constraint Geographic Characteristics[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2019, 44(4): 130-138 (江文萍, 孙玉洁, 黄丽娜, 等. 民族人口分布专题信息表达的标签云布局方法[J]. 测绘科学, 2019, 44(4): 130-138)
- [5] Huang Lina, Wei Yuan, Wang Miqi, et al. Application of Tag Cloud in Thematic Map Production of Ethnic Nationalism and Folk-Custom [J]. *Geospatial Information*, 2018, 16(9): 16-19 (黄丽娜, 魏媛, 王米琪, 等. 字符云在民族与民俗专题地图编制中的应用[J]. 地理空间信息, 2018, 16(9): 16-19)
- [6] Yang N, MacEachren A M, Domanico E. Utility and Usability of Intrinsic Tag Maps[J]. *Cartography and Geographic Information Science*, 2020, 47(4): 291-304
- [7] Yang N, MacEachren A M, Yang L P. TIN-Based Tag Map Layout [J]. *The Cartographic Journal*, 2019, 56(2): 101-116
- [8] Yang L, Li J, Lu W H, et al. The Influence of Font Scale on Semantic Expression of Word Cloud [J]. *Journal of Visualization*, 2020, 23(6): 981-998
- [9] Jaffe A, Naaman M, Tassa T, et al. Generating Summaries and Visualization for Large Collections of Geo-Referenced Photographs [C]// The 8th ACM International Workshop on Multimedia Information Retrieval, New York, USA, 2006
- [10] de Chiara D, del Fatto V, Sebillio M. Visualizing Geographical Information Through Tag Clouds [M]// Heidelberg: Physica, 2012
- [11] de Chiara D, del Fatto V, Sebillio M, et al. Tag@Map: A Web-Based Application for Visually Analyzing Geographic Information through Georeferenced Tag Clouds[M]// Heidelberg: Springer, 2012
- [12] Nguyen D, Schumann H. Taggram: Exploring Geo-Data on Maps Through a Tag Cloud-Based Visualization [C]// The 14th International Conference on Information Visualisation, Los Alamitos, CA, USA, 2010
- [13] Thom D, Bosch H, Koch S, et al. Spatiotemporal Anomaly Detection Through Visual Analysis of Geo-



- located Twitter Messages[C]// IEEE Pacific Visualization Symposium, Songdo, Republic of Korea, 2012
- [14] Reckziegel M, Cheema M F, Scheuermann G, et al. Predominance Tag Maps [J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2018, 24(6): 1893-1904
- [15] Rivadeneira A W, Gruen D M, Muller M J, et al. Getting Our Head in the Clouds: Toward Evaluation Studies of Tagclouds[C]//The SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, New York, NY, USA, 2007
- [16] Halvey M, Keane M. An Assessment of Tag Presentation Techniques [C]//The 16th International Conference on World Wide Web, New York, NY, USA, 2007
- [17] Bateman S, Gutwin C, Nacenta M. Seeing Things in the Clouds: The Effect of Visual Features on Tag Cloud Selections[C]//The 9th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia, New York, USA, 2008
- [18] Lohmann S, Ziegler J, Tetzlaff L. Comparison of Tag Cloud Layouts: Task-Related Performance and Visual Exploration [M]// Heidelberg: Springer, 2009
- [19] Ma X Y, Ma H. Comparative Study of Graphic-Based Tag Clouds: Theory and Experimental Evaluation for Information Search[J]. *Online Information Review*, 2020, 44(5): 1135-1160
- [20] Deutsch S, Schrammel J, Tscheligi M. Comparing Different Layouts of Tag Clouds: Findings on Visual Perception[M]// Heidelberg: Springer, 2011
- [21] Felix C, Franconeri S, Bertini E. Taking Word Clouds Apart: An Empirical Investigation of the Design Space for Keyword Summaries [J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2018, 24(1): 657-666
- [22] Alexander E C, Chang C C, Shimabukuro M, et al. Perceptual Biases in Font Size as a Data Encoding [J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2018, 24(8): 2397-2410
- [23] Dong Weihua, Liao Hua, Zhan Zhicheng, et al. New Research Progress of Eye Tracking-Based Map Cognition in Cartography Since 2008[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(3): 599-614 (董卫华, 廖华, 詹智成, 等. 2008年以来地图学眼动与视觉认知研究新进展[J]. 地理学报, 2019, 74(3): 599-614)
- [24] Torres Parejo Ú, Campaña J R, Vila M A, et al. A Survey of Tag Clouds as Tools for Information Retrieval and Content Representation [J]. *Information Visualization*, 2021, 20(1): 83-97
- [25] Hearst M A, Pedersen E, Patil L, et al. An Evaluation of Semantically Grouped Word Cloud Designs [J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2020, 26(9): 2748-2761
- [26] Fang H, Xin S W, Pang H S, et al. Evaluating the Effectiveness and Efficiency of Risk Communication for Maps Depicting the Hazard of COVID-19 [J]. *Transactions in GIS: TG*, 2022, 26(3): 1158-1181
- [27] Rinaldi A M. Web Summarization and Browsing Through Semantic Tag Clouds [J]. *International Journal of Intelligent Information Technologies*, 2019, 15(3): 1-23
- [28] Guo Renzhong, Chen Yebin, Ying Shen, et al. Geographic Visualization of Pan-Map with the Context of Ternary Spaces[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2018, 43(11): 1603-1610 (郭仁忠, 陈业滨, 应申, 等. 三元空间下的泛地图可视化维度[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2018, 43(11): 1603-1610)
- [29] Wang Jiayao. Thoughts on the Future Development of Geographic Information System [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2022, 47(10): 1535-1545 (王家耀. 关于地理信息系统未来发展的思考[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2022, 47(10): 1535-1545)

## Evaluation of Font Size Strategy of Arithmetic Progression for Tag Weights on Intrinsic Tag Maps

YANG Nai<sup>1</sup> PANG Xujing<sup>1</sup> XI Daping<sup>1</sup> WU Guojia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> School of Geography and Information Engineering, China University of Geosciences(Wuhan), Wuhan 430078, China

**Abstract: Objectives:** With the increasing application of tag maps, there is an urgent need for research on the evaluation of tag weight expression strategies. Tag weight differences in tag maps are usually reflected by different font sizes. One of the common strategies is evaluated, where the sequence of font sizes is an



arithmetic progression. **Methods:** The five countries with different, representative shapes are selected as study cases. Five corresponding tag maps are produced by randomly generated tags in alphabetical order from left to right and top to bottom. On this basis, a controlled experiment is conducted. Two application scenarios of unpurposed free browsing and purposeful reading analysis are set, and tag selection, recognition/search, recalling, and subjective evaluation tasks are assigned. The subjects' eye movement data and some other derived data are collected and statistically analyzed by the Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney U test methods. **Results:** The results show that: (1) Tags of different sizes do not show significant differences in terms of visual salience, visual attractiveness, weight recalling and search efficiency, reading efficiency, and cognitive load in recognition/search tasks. (2) Tags with font size at the upper level are easier to be recognized/searched and of higher interest to subjects than those with font size at the lower level, but it does not mean that tags with larger size are more likely to be recognized/searched and of higher interest to subjects. (3) The overall evaluation of tag maps using font size strategy of arithmetic progression is at a good level. **Conclusions:** The paper is helpful for map designers to further understand the characteristics of font size strategy. The font size is not a panacea in the tag weight expression of tag maps. In addition to font size, tag weight differences in tag maps can be shown by combining other visual attributes such as brightness, color, typeface, etc., or accompanying auxiliary charts according to the actual application. The interaction of the shape, area, the density of tags, and other visual attributes with the font size and some other font size strategies need to be studied for different users.

**Key words:** text maps; eye tracking; map cognition; map evaluation; word cloud; tag cloud

**First author:** YANG Nai, PhD, associate professor, specializes in map visualization, spatiotemporal big data visualization analysis and application. E-mail: yangnai@cug.edu.cn

**Corresponding author:** XI Daping, PhD, associate professor. E-mail: 46619441@qq.com

**Foundation support:** The National Natural Science Foundation of China(42171438).

**引文格式:** YANG Nai, PANG Xujing, XI Daping, et al. Evaluation of Font Size Strategy of Arithmetic Progression for Tag Weights on Intrinsic Tag Maps[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2022, 47(12): 2134-2142. DOI: 10.13203/j.whugis.20220433 (杨乃, 庞旭静, 奚太平, 等. 用于内置式标签地图权重表达的等差字大策略评估[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2022, 47(12): 2134-2142. DOI: 10.13203/j.whugis.20220433)