

文章编号: 1006-0456(2015)03-0295-04

基于地理空间认知的盲人电子地图研究

付仲良, 翁宝凤, 胡玉龙

(武汉大学遥感信息工程学院 湖北 武汉 430079)

摘要: 从地理知觉、地理表象、地理概念化、地理知识的心理表征和地理空间推理的地理空间认知内容上, 探索盲人地理空间认知的特点, 提出了盲人电子地图的概念, 并分析了盲人电子地图的特点。在此基础上, 模拟盲人心象地图, 进行内容选取、符号设计, 并基于现有电子地图进行化简实现并完成了盲人电子地图, 为盲人导航提供有力的基础工具。

关键词: 地理空间认知; 心象地图; 盲人电子地图; 内容选取; 符号设计

中图分类号: P283

文献标志码: A

DOI:10.13764/j.cnki.ncdg.2015.03.019

Research of blind e-map based on geo-space cognition

FU Zhongliang, WENG Baofeng, HU Yulong

(School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: From the geographical spatial cognition content, including geo-perception, geo-mental imagery, geo-conceptualization, mental representation of geographic knowledge and geo-spatial reasoning, the characteristics of the blind of geographical spatial cognition were summarized, and the concept of the blind e-map was proposed. Then the further research was done to analysis the feature of blind e-map. On this basis, the simulation of blind mental map, content selection, symbol design, and simplification based on the existing electronic map were completed. Ultimately, the blind e-map which provided a powerful tool for blind navigation was designed and fabricated.

Key Words: geographical spatial cognition; mental map; blind e-map; content selection; symbol design

根据世界卫生组织的估算, 全世界有盲人 4 000 万至 4 500 万。由于视觉的缺失, 盲人的出行面临着很大的困难, 解决盲人的出行已是刻不容缓的问题。盲人的独立出行需正确合适的盲人导航, 盲人导航可借助辅助导盲工具或导盲系统。盲人导航最普及的方法是借用导盲杖或者导盲犬, 是一种引领式的方法, 通过其与路面、周围环境间接接触来实现盲人导航, 获取路面、周围环境信息。随着科技的发展, 电子盲人导航也日益发展起来。电子盲人导航是利用带有传感器的导盲辅具来实时进行导航前进, 主要将超声波、红外线、无线电、摄像头等设备安装在导盲杖或者穿戴在身上, 实时进行环境信息数据采集、处理、分析, 以听觉或触觉的方式提供给用户, 以助其行走^[1-5]。然而, 这些工具和系统仅仅获

知环境中障碍物的位置和距离, 或者仅仅局限于局部范围的导航, 而无法获取其周围环境的信息, 无法得知目的地的具体信息, 更无法像视觉正常者般进行路径的选择、导航等。

作为视觉正常者出行的重要工具, 电子地图已在网络地图查询、移动导航等领域得到广泛应用, 但目前对于适合盲人的电子地图的研究还是空白。早期, 苏联、英国、澳大利亚等国家制作了许多触觉地图, 即根据盲人及弱视觉者的实际需要及触感特征、用专门设计的凹凸符号及盲文系统揭示客观实体空间分布及相互联系的地图^[6]。然而, 这些触觉地图制作材料特殊, 制作过程复杂, 内容单一, 且由于地图的大小有限, 地图所表示的范围和内容也非常的有限, 印量较少, 不能满足实际应用需求。本文将在

收稿日期: 2015-04-10。

作者简介: 付仲良(1965—) 男, 教授, 博士生导师。

引文格式: 付仲良, 翁宝凤, 胡玉龙. 基于地理空间认知的盲人电子地图研究[J]. 南昌大学学报: 工科版, 2015, 37(3): 295-299.

分析和探索盲人地理空间认知特点的基础上,提出盲人电子地图的概念,分析盲人电子地图的特点,探索盲人电子地图的设计方法,并研究基于现有电子地图的盲人电子地图的生成方法。

1 盲人地理空间认知概念

地理空间认知是指在日常生活中,人类逐步理解地理空间,进行地理分析和决策,包括地理信息的知觉、编码、存储、记忆和解码等一系列心理过程^[7-8]。地理空间认知研究主要包括地理知觉、地理表象、地理概念化、地理知识的心理表征和地理空间推理,涉及地理知识的获取、存储与使用^[9]。盲人由于其生理的特殊性,必然会有别于正常人的认知能力和认知模式。盲人认知与正常人的区别主要在于对信息获取方式的不同,导致其信息加工和反应的差异。

盲人地理知觉应以靠导航经验为主,在结合地图知识的基础上,以听觉或触觉的方式获取位置信息进行空间感知,识别正确的地理事物。对于地理表象,后天盲人和低视力者,其有先前的视觉经验,故心象地图的产生较易,且与正常视力者相似;而先天盲人而言,其心象地图须靠先前对地理空间的非视觉认知经验而来,易受经验知识的影响。盲人用非视觉的多种感知方式体验生活,与外部世界接触。最多的是以触觉方式来实现辨别地理要素,以听觉等其他感知方式辅助其进行空间识别。实现盲人地图的地理概念化分类,要依据盲人的空间认知特点来实现。

盲人地理空间认知过程,遵循了一般地理空间认知的过程,即知觉、表象、概念化、心理表征和地理空间推理,但同时又有其特殊性。以往的地理空间认知研究是针对可视化地图的,因而忽略了人类的听觉、触觉等感觉通道对人类获取、存储和表示空间信息的作用,盲人地理空间认知的研究正好弥补这一不足。在充分考虑盲人地理空间认知特殊性的前提下,指导盲人地图设计者选取主要的制图内容与最适合的表现形式,更有效地设计盲人电子地图,以便高效地为盲人提供空间信息服务。

2 盲人电子地图

2.1 盲人电子地图

盲人电子地图制作的驱动力为盲人空间认知问题,也就是向地图使用者(盲人)以更抽象和更符合盲人认知的方式提供盲人出行所必需的信息。它体

现出“以盲人为中心”的服务理念,以最少的信息量清晰地表达出用户最关心的空间信息,并以最合适的认知方式表现地图,便于用户理解地图,从而增强用户的认知效果,服务于用户的日常出行。盲人电子地图的制作与生产需模拟盲人的心象地图,要与心象地图的表示形式一致或相近。很显然,盲人电子地图不可能采用常规地图的可视化技术,需要寻求新的地图形式来表现盲人地图,以便盲人更好的理解使用地图。盲人电子地图基于普通地图,但又不同于普通地图,在内容、表现形式等方面有其自身的特殊性。

2.1.1 内容不同

数学要素是保证地图具有可量性、可比性的基础,因而与普通电子地图基本一致,盲人电子地图内容的不同主要体现在地理要素和辅助要素上。从地理空间认知的研究和生活经验发现,盲人电子地图的地理要素主要反映盲人感兴趣的自然要素和人文要素,包括水系、植被、独立地物、居民地、交通网等,而对于普通地图中的政治行政境界、地貌和土质等要素,盲人地图的关注度较低。盲人电子地图的辅助要素主要是为方便盲人的读图起着辅助作用的信息,以语音形式播放,包括地图操作说明,地图编制信息以及当前区域的专题介绍信息等。

2.1.2 表现形式不同

人们所熟悉和使用的地图,大部分是通过可视化的图形形式来表示地图内容。而盲人电子地图则是利用听标、耳标、可听化、语音和触觉震动等非视觉感知形式来表现。普通地图中以点符号表示的地理要素,如消防栓、井等独立地物,盲人电子地图中以听标或耳标的听觉显示方式来表示;交通网、水系等线状要素以可听化技术和震动技术来表现,辅以语音提示;植被、居民地等面状要素以语音技术为主要表现方式,同时播放介绍说明的辅助要素信息。盲人电子地图改变了自地图以来的单一表现形式,弥补了地图符号组合与制图综合效果的不足,为多媒体表达地图的研究更进一步发展,使盲人能充分地理解地图的信息,促进盲人地图空间感知理论的深入研究。

2.1.3 信息传输过程的不同

普通地图的制图者(信息发送者)把对客观世界(制图对象)的认识加以选择、分类、简化等信息加工并经过符号化(编码),通过地图(通道)传递给用图者(信息接收者),用途者经过符号识别(译码),同时通过对地图的分析和解释形成对客观世

界(制图对象)的认识^[11]。而盲人电子地图的使用者是通过直接提取地图信息来认识客观世界,需要地图通过听觉符号主动提供客观信息给用户,信息的传输过程中地图的目的性更强,主动性要求更高。

2.1.4 精度要求不同

盲人电子地图作为盲人地理空间认知结果的表达,以定性、抽象的方式来表示。在实际生活中,盲人过多关注的是路径中的转弯点、转弯方向、拓扑关系等定性信息,对数据的精度要求不高。盲人电子地图有很强的抽取能力,地图上的目标在面积、长度、方位、重要性等几何度量、语义度量上只存在等级上的差异,无需精确的定量表达,具有度量特征上的非精确性。

2.2 盲人电子地图的设计与生成

2.2.1 盲人电子地图的内容选取

盲人电子地图的内容选取是在地图用途、主题、制图目的等因素的制约下,挑选出有关的、重要的地图要素表现到地图上,以正确地反映制图区域特征、分布规律和用途要求^[18]。本文生成的盲人电子地图主要选取点、线、面3类地理要素。点要素主要选取能为盲人用户提供判断性依据并能被盲人用户所感知到的地理要素,包括消防栓、井等独立地物、道路交叉点、路标指示牌等;线要素主要选取道路交通网、河流等线状地理要素;面要素选取植被、居民地、湖泊、广场等与盲人用户生活密切相关的地理要素。盲人电子地图的设计流程见图1。

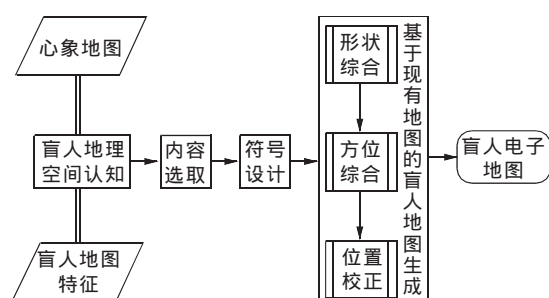


图1 盲人电子地图的设计与生成

Fig.1 Design and generation of blind e-map

2.2.2 盲人电子地图的符号设计

地图符号是用来在图上表示地图内容,内容决定形式,所以应对不同的内容用不同的图形符号来表示。一般可视化地图中,地理实体经过综合处理后,不同的地理对象选用恰当的可视化符号来表示。根据符号的形态变化以及地理数据的不同维度,一般将可视化地图符号分为点状符号、线状符号和面状符号。对应于可视化符号,我们将听觉符号根据

声音的状态,依照声源方位分为3类:点状声音、线状声音和面状声音,来分别表示可视化地图中的点、线、面地理要素。

点状声音指的是声源对象发出的声音范围窄小,定位信息明确。如汽车声、鸟鸣声、飞机声、炮声、爆炸声等。点状声音根据声源实体自身的运动规律又可分为静态和动态2类。静态声音用来描述无需标识速度、方位的静态实体;动态声音具有速度、位置方向变化乃至多普勒现象等参数。线状声音是指声源处于运动状态所发出的声音,给人一种延绵不绝的声音感觉,例如流水声、火车声等。面状声音是指声源对象体积远远大于聆听者,而聆听者又距离声源对象较近时所感觉到的声音,如学校朗朗读书声、巨大的机器轰鸣声等。

基于地理要素类型的听觉符号设计如下:首先,运用汽笛声、警报声、鸟叫声等点状声音设计听标、耳标符号来表现点要素;其次,结合流水声、火车声等线状声音运用可听化技术来表现线状地理要素;最后,利用建筑工地施工声、广场嘈杂声等面状声音,辅以语音提示来表示面状地理要素。

2.2.3 基于现有电子地图的盲人电子地图生成

基于现有的电子地图,结合设计阶段所选取的内容和设计的符号,初步完成盲人电子地图的生成。考虑盲人空间认知的特殊性和盲人导航的精度要求,本文需对道路网数据进行概括化简,以满足盲人用户在实际应用中对道路信息的认知需求。

1) 形状综合。一般地图综合通常采用 Douglas_Peucker 算法来进行形状化简,然而其阈值的难以确定,对于道路化简并不适用。郭庆胜等提出线的渐进式图形简化算法,在约束条件和空间知识的控制下渐进式减少地图图形的细节,当减少到一定程度时就可以满足某一抽象程度的“地图综合要求”,在细节减少的过程中实时对每一步骤进行评价,使得每一步所得的结果在当前的抽象层次上是可用的,是进一步综合的基础^[20]。

本文采用从局部到整体的点的渐进式删除算法进行形状综合。在综合过程中,为了满足约束条件,保证道路拓扑一致性,原始道路网中的起点、终点和交叉点需标记保留。然后,对于道路网中的内部点 $p\{p_1, p_2, p_3, \dots\}$ 依次计算当前点与相邻2点之间的夹角,对于其夹角 α 若 $\{167.5 \leq \alpha \leq 180\}$ 予以删除。如实验结果图2所示,实验原始数据50个形状点,保留起点和终点的前提下,进行形状综合,删除冗余数据34个点(绿色点),剩余有效形状点14个,

在保证形状信息的前提下,大大简化了道路形状。



图2 形状综合图

Fig. 2 Shape generalization map

2) 方位综合。在盲人的地理空间感知中,盲人对方向的细微变化并不是很敏感,一般仅关注有限的几个变化大的方位,如水平、垂直和对角线方向。因此,盲人地图在形状综合的基础上,进行示意化表达,即方位综合。这里将线要素的方位规范到8个方向上:垂直、水平和对角线。标记为 $\alpha = \{0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ\}$ 。

盲人对距离长度精度有很高的要求。因而,在进行方位综合过程中,为保证长度精度,采用角度旋转法来进行。首先,计算形状综合后的结果图中的相邻两点之间的线段的方位角 β ; 然后,计算该线段调整后方位

$$\beta^* = ((\text{int}) (\frac{\beta + 22.5}{45})) \times 45 \quad (1)$$

最后,以线段起始点为原点,线段为轴旋转 $\beta - \beta^*$ 度,旋转角度正负相应为逆时针、顺时针旋转,如图3。取旋转后线段上的原线段长度的点为新的移位点,保证移位前后长度一致,实现了方位综合。方位综合实验结果如图4,蓝色线为原始线,红色为方位综合后的结果。

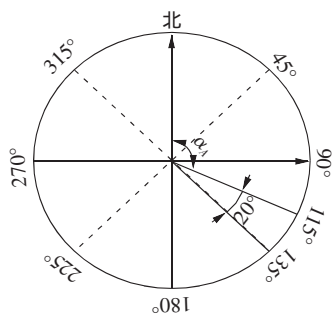


图3 角度旋转法

Fig. 3 Angle rotation method

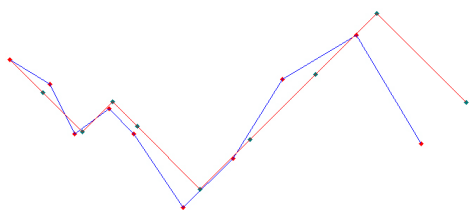


图4 方位综合结果图

Fig. 4 Result map of position generalization

3) 位置校正。在方位综合过程中,产生线路移位和偏移,随着线路的延长、点位的增加,偏移量将增大。为减小偏移量,对于原有道路交叉点,保持其位置不变,将长度误差控制在交叉点前一子线段内,以此来校正盲人地图的位置误差,并且保证了原有路网的拓扑一致性。若原有线路由 $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 构成,点 p_n 为交叉点,综合后的线路表示为 $\{p'_1, p'_2, \dots, p'_n\}$,交叉点 p_n 保持不变。在实际导航中,这一长度误差将通过实时定位当前位置和道路交叉点位置来实时校正。

3 实验

本文选择了某大学校园部分地区为研究对象,进行盲人电子地图的设计实验。普通地图如图5,在经过内容选取、符号设计、基于现有电子地图进行简化生产后,生成如图6的盲人地图。该盲人电子地图基于盲人空间认知的特点,很好地模拟了道路网络在盲人大脑记忆中存储的心象地图形式,以抽象、概略性地方式展现地图;在遵循地图设计原则的条件下,选取合适的地图内容,设计合理的地图符号,清晰、简洁、合理地表达盲人电子地图,易于盲人理解。



图5 普通地图

Fig. 5 Ordinary Map



图6 盲人地图

Fig. 6 Blind Map

4 结论

本文从地理知觉、地理表象、地理概念化、地理知识的心理表征和地理空间推理的地理空间认知内容上,总结盲人地理空间认知的特点,提出了盲人电子地图需模拟盲人心象地图的原理,并在此基础上提出盲人电子地图的概念,进行盲人电子地图的内容选取、符号的设计,并基于现有的电子地图来实现道路网的简化,最终完成盲人电子地图的设计和生成。本文提出的盲人地图很好地模拟了盲人脑中记忆中存储的心象地图,为盲人日常生活提供有力的基础工具。最后,本文未涉及的盲人电子地图的听觉展示和使用,将会在接下来的工作中进一步的深入研究和展示。盲人电子地图的设计与开发将具有重要的社会意义和实用价值。

参考文献:

- [1] MIHAJLIK P, GUTTERMUTH M, SERES K, et al. DSP-based ultrasonic navigation aid for the blind [C]//IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference 2001: 1535 - 1540.
- [2] MOUNIR B S, ABDELGHANI R J, MOHAMED F Z, et al. An ultrasonic navigation system for blind people [C]//International Conference on signal processing and communications 2007: 1003 - 1006.
- [3] 张臻, 于海勋, 刘芳, 等. 基于人机交互的红外探测式智能导盲装置设计 [J]. 现代生物医学进展, 2007, 7 (10): 1588 - 1590.
- [4] 吕列艳, 胡泽, 陈云生, 等. 直通道红外探测智能导盲器设计 [J]. 仪器仪表用户, 2011, 18 (3): 26 - 28.
- [5] CHUMKAMON S, TUVAPHANTHAPHIPHAT P, KEER-ATIWIWINTAKOM P. A blind navigation system using RFID for indoor environments [C]//5th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, ECTI-CON 2008, Krabi, Thailand 2008: 765 - 768.
- [6] 张清浦. 国外触觉地图的发展现状 [J]. 测绘科技动态, 1987 (6): 38 - 42.
- [7] 王晓明, 刘瑜, 张晶, 等. 地理空间认知综述 [J]. 地理与地理信息科学, 2005, 21 (6): 1 - 10.
- [8] 鲁学军, 周成虎, 龚建华, 等. 论地理空间形象思维: 空间意象的发展 [J]. 地理学报, 1999, 54 (5): 401 - 409.
- [9] 秦昆. GIS 空间分析理论与方法 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2010: 38.
- [10] 曹坤, 傅文棋, 薛志伟, 等. 浅议地图空间认知中的心象地图 [J]. 地矿测绘, 2011, 27 (1): 5 - 7.
- [11] 王家耀, 陈毓芬. 理论地图学 [M]. 北京: 解放军出版社, 2000: 35 - 65.
- [12] 祝国瑞. 地图学 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004: 127 - 150.
- [13] LOOMIS J M, KLATZKY R L, GOLLEDGE R G. Navigating without vision: basic and applied research [J]. Optometry and Vision Science, 2001, 78 (5): 282 - 289.
- [14] 陈毓芬. 电子地图的空间认知研究 [J]. 地理科学进展, 2001, 20 (S1): 63 - 67.
- [15] 张明鑫, 魏海平, 王峰, 等. 空间认知理论在地理信息系统中的应用研究 [J]. 地域研究与开发, 2007, 26 (1): 122 - 128.
- [16] 张本昀, 朱俊阁, 王家耀. 基于地图的地理空间认知过程研究 [J]. 河南大学学报: 自然科学版, 2007, 37 (5): 486 - 491.
- [17] 王光霞, 游雄等. 地图设计与编绘 [M]. 北京: 测绘出版社, 2011: 112 - 114.
- [18] 袁勤省等. 现代地图学教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2007: 146 - 255.
- [19] TILMAN D L, JEFFREY L D, BRUCE N. Walker. Learnability of sound cues for environmental features: auditory icons, earcons, spearcons and speech [C]//Proceedings of the 14th International Conference on Auditory Display, Paris, France 2008.
- [20] 郭庆胜, 黄远林, 郑春燕, 等. 空间推理与渐进式地图综合 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2007: 173 - 235.
- [21] 艾廷华. 适宜空间认知结果表达的地图形式 [J]. 遥感学报, 2008, 12 (2): 347 - 354.
- [22] 陈毓芬. 心象地图及其在地图设计中的作用 [J]. 测绘学院学报, 1995, 12 (4): 290 - 293.
- [23] AGRAWALA M, STOLTE C. Rendering effective route maps: improving usability through generalization [C]//Proceedings of the 28th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques 2001: 241 - 249.
- [24] HERNAN C, THOMAS B, ALEXANDER K, et al. Schematic maps as wayfinding aids [J]. Spatial Cognition II, Lecture Notes in Computer Science 2000, 1849 (1): 54 - 71.
- [25] DONG W H, GUO Q S, LIU J P. Schematic road network map progressive generalization based on multiple constraints [J]. Geo-spatial Information Science, 2008, 11 (3): 215 - 220.
- [26] SCHNEIDER J, STROTHOTTE T. 4th International conference on assistive technology: constructive exploration of spatial information by blind users [C]//Arlington, V A, United States 2000: 188 - 192.
- [27] LAHAV O, MIODUSER D. Haptic-feedback support for cognitive mapping of unknown spaces by people who are blind [J]. International Journal of Human Computer Studies 2008, 66 (1): 23 - 35.