

文章编号: 1007-4619(2008)02-0347-08

适宜空间认知结果表达的地图形式

艾廷华

(武汉大学 资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 心象地图是驻留在记忆中的关于地理世界空间特征认知结果的表达, 具有如下特征: 空间表达的非均一性、内容选取的主观性、空间定位的非确定性、度量特征上的非精确性。心象地图的可视化需要由特殊的图形形式来承担, 经过分析提出了适宜这一表达特征的 3 种可视化技术, 包括面向道路网认知表达的路网构架图、专题属性空间定位信息认知表达的面域拓扑图、虚拟网络空间导航认知的赛伯网络图。基于地图的定义, 对这 3 种可视化形式度量特征进行了讨论, 认为它们在有序量尺度上具有可度量特征。

关键词: 空间认知; 心象地图; 定性化表达; 地理信息可视化

中图分类号: TP701/P208 **文献标识码:** A

1 空间认知与心象地图

地理信息学科经历了从“地理信息系统 Systems”到“地理信息科学 Science”认识的转变^[1], 开启了对空间信息科学问题的探究, 通过空间认知研究来揭示大脑对空间信息加工处理的机制, 成为该领域的热点问题之一。

空间认知主要研究大脑的信息加工过程, 认知涉及的空间特征内容包括位置、大小、距离、方位、形状、模式、过程和联系等, 研究的目的在于揭示地理实体世界在人们大脑中如何建立空间概念(结果表现为心象地图)如何在表达空间中描述地理事物与现象, 如何在心象地图中通过认知推理诠释空间现象和揭示空间规律^[2-5]。心象地图作为空间认知的结果, 它是驻留在记忆中的关于实体世界与空间特征的印象式表达^[3]。认知心理学研究已证实, 大脑的空间推理行为是基于心象地图的, 心理旋转 (mental rotation)^[6] 试验表明识别两个不同旋转方位的三维形体的二维投影图像, 反映的时间与方位旋转角大小呈线性增长关系。心理扫描实验^[7], 也表明在大脑印象中对地图空间两个目标的感知反映时间与目标相隔距离呈线性增长关系。由于心象地图在空间决策、空间推理上的重要作

用, 有必要对这一印象表达作深入研究, 包括这一表达的形式、性质特点和认知分析中的心理学原则^[8,9] 及其与常规地图表达的差异。

从广义的空间认知意义上讲, 所有地图是空间认知的结果, 包含有制图人员对空间的理解和判断, 在图形表达达到图面之前, 制图人员大脑就有了初步的轮廓^[10]。但这里我们讨论心象地图与常规地图差异时, 要强调认知的效应, 认为心象地图是大脑认知“深加工”的图形印象, 而常规地图只是按照制图规范实施的“浅加工”结果, 常规地图制图人员的个性化认知作用受到限制, 被制图规范所剥夺。在现代信息化技术条件下, 通过对地观测系统获取影像、由图像解译获取目标、由制图系统输出地图的全数字化制图技术已经可以抛开人的认知而生产常规地图, 人的作用只是表现为规则制定和参量设定等。不具有认知功效的机器也可以一定程度上生产常规地图, 表明常规地图上所体现的人的认知心理作用十分有限, 常规地图没有很好地表达人脑的认知效应。

基于空间认知与心象地图的研究成果, 通过试验将记忆中的印象绘制出来后分析其表达结果, 会发现与常规地图相比, 心象地图有以下特征:

(1) 空间表达的非均一性。心象地图表达的印象空间是破碎的, 不具有各向同性, 空间表达比例尺

收稿日期: 2007-08-01; 修订日期: 2007-11-01

基金项目: 2005 年度“新世纪优秀人才支持计划”, 项目号 NCET-05-0623; 国家科技支撑计划“信息化测绘技术服务体系关键技术研发与应用”子课题“1:5 万地形数据缩编更新软件系统”。

作者简介: 艾廷华 (1969—) 男, 湖北宜都人, 教授, 主要研究方向为地理信息尺度变换、空间认知。E-mail: tinghua_a@tom.com
(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

不是均一的,就犹如在“哈哈镜”里看到的景象,部分部位放大采用大比例尺表达,而其他一些部位则是相对缩小采用小比例尺,空间组织表现出一定的层次性。而常规地图表达的空间是同一水平下的均一比例尺表达,是在“平面镜”里看到的映射景象。

(2) 内容选取的主观性。心象地图中记忆沉积下来的内容带有很强的主观倾向性和情感色彩,个人喜欢的、熟悉的、具有一定背景知识的内容被突出表达,获得放大的记忆片段,相反不喜欢、不感兴趣的内容其记忆信息很弱,甚至不被表达。而常规地图是基于制图规范对本体世界的客观表达,个人的主观性内容选取只是在很小的范围内产生效应。

(3) 空间定位的非确定性。心象地图中的目标定位是模糊的,只有相对的空间位置关系,距离、方位关系是高度抽象的定性表达,空间定位特征不具有一致性,往往产生曲解与变形。心象地图的定位往往基于多种参考系(由认知作用判定的局部特征地物 Landmark 作为各处的参考)空间布局常产生冲突与矛盾。

(4) 度量特征上的非精确性。心象地图表达的记忆空间不具有严格的可度量特征,记忆中的目标在面积、长度、大小、方位、形态和重要性等几何度量、语义度量上只存在等级上的差异,缺乏精确的定量表达,难于严格地比较两目标间的度量差异。

心象地图的表达通过认知作用过滤与记忆沉积,产生了以上特征。在现代信息技术条件下,我们要用人工智能的方法模拟大脑中的心象地图,在定性化、非确定性表达上模拟人脑的空间推理与决策,首先要采

用逼真的可视化技术手段将大脑中的印象“显影”出来。很显然采用常规地图的可视化技术是不能胜任的,需要寻求新的地图形式。针对这一需求,本文总结出几种图形可视化形式与定性化、非确定性表达相对应,讨论 3 种不同空间内容的认知与心象地图表达。

2 适宜心象地图表达的 3 种可视化

常规地图强调定量、准确和可量算等特征,但认知科学研究表明,人们的推理决策行为大部分是在定性表达基础上完成的,定性空间推理(QSR qualitative spatial reasoning)成为目前研究的活跃课题^[11],包括导航、路线寻址中推理、空间方位的辨认^[12-13]等,这其中也包括空间的定性化图形表达。心象地图的表达有多种形式,包括认知草图等,这里我们主要讨论适宜计算机制作,具有一定规范的定性化表达。在计算机图形学和 GIS 可视化等相关领域,这些具有定性化表达特征的图形可视化技术,通过针对空间认知特征的改进后可用来表达心象地图,本节给出具有这一特性的 3 种可视化技术,分析其对心象地图表达的作用。

2.1 路网构架图 (schematic map)

这是一种面向网络状线目标定性表达的图形可视化技术,起源于电路设计图,在地铁线路表达中广泛应用,图 1 是伦敦的地铁路网构架图。这种图对道路网络作高度抽象化处理,用简化的形式表达路线的拓扑结构,突出表达网络中的功能性关系^[14-15]。



图 1 伦敦的地铁线路图

Fig 1 The subway schematic map of London city

路网构架图的一个主要特点就是抽象性表达拓扑结构, 从常规地图设计角度, 可认为是经过了“过度的地图综合”技术处理, 除线状目标的形状作充分简化综合外, 还有实体间空间关系也进行了高度的综合简化, 将距离、方位关系用高度定性的形式表达, 抽象的层次可以根据任务要求设定, 如所有路段连接的转折角可以设定为 90° 、 45° 、 22.5° 等不同参量^[15]。

关于路网构架图的生成, 在计算几何领域提供了专门的生成算法, 其主要步骤包括:

- 删除网络中非功能性无关特征要素;
- 删除与主体功能网络无关的线路和节点要素;
- 线路化简为最简洁的形状;
- 调整线路连接方位成 90° 、 45° 、 22.5° 转折角;
- 在保持拓扑结构正确前提下, 进行几何变换(连通、夸大和简化);
- 路线符号化, 连接点合并化简。

路网架构图非常适宜空间网络认知结果的表达(图 2), 它贴切地模拟了道路网络在我们大脑记忆中存储的心象地图形式。首先它是对道路网空间结构的定性化、粗化表达, 与心象地图的抽象化特征相一致, 道路的延展和空间布局经过平直化处理, 抹掉了路线细节化形状, 只表现了主体延展趋势。道路间连通关系、方位关系经过抽象后符合心象地图的等级式特点, 道路连接的 90° 、 45° 、 22.5° 转折角设定, 对应着方位关系的四方向、八方向、十六方向不同层次的抽象, 与我们日常交流所采用的东、南、西、北空间语言相一致(大脑对方位的认知不会采用精确的多少度多少分多少秒表达)。其次它正确地保持了道路线、节点间的拓扑关系以及距离、方位上的相对位置关系, 可以胜任道路的认知表达, 记忆中心象地图的主体信息、主要道路结构可以在该表达上得以保留。第三该表达对道路导航、路线寻址十分有利, 基于该图的道路网空间推理与基于心象地图的空间思维可以建立映射, 在路网架构图上进行路线规划、站点选址, 与从记忆中调出一幅心象地图进行路线布局是类似的。相反, 在精确的常规道路图(图 3(a))表达上进行道路选线、车站选点会很吃力。路网构架图的距离度量、方位度量失去了精确意义, 但丝毫不影响它在导航、选线上的应用, 这也是为什么地铁线路、火车汽车路网广泛采用这一表达形式的原因。

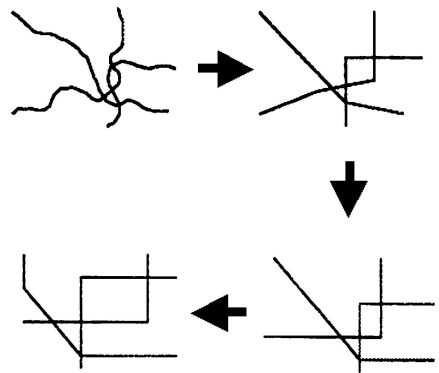


图 2 路网构架图的生成过程
Fig 2 The Process generating schematic map

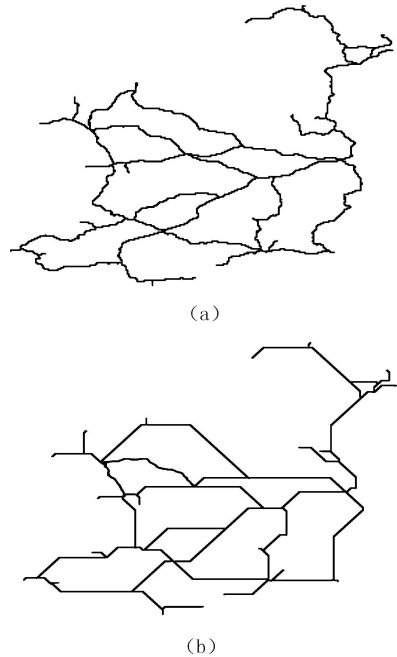


图 3 常规道路地图与路网架构图表达的比较
Fig 3 The representation comparison between traditional road map and schematic map

2.2 面域拓扑图 (cartogram map)

面域拓扑图 cartogram 是对呈面状区域分布的专题属性的定位表达, 但与常规的点数法、分区统计图法表达不同的是, 它对空间区域的形状进行了几何变换, 使得面积大小与表达的属性信息数量成一定的比率关系, 将区域内的属性信息映射为面积大小来表达其间的数量差异, 同时尽量保持各个区域的相对位置关系和拓扑结构^[16]。如图 4 非洲人口的面域拓扑图, 人口最多的尼日利亚其人口过亿, 在图上表达的面积最大, 而实际国土面积最大的苏丹在图中表现得很小, 阅读这种地图, 对非洲人口数量的分布差异会留下深刻的印象。在美国

总统大选中,经常采用面域拓扑图表达民主党、共和党赢得选民的实力对比。

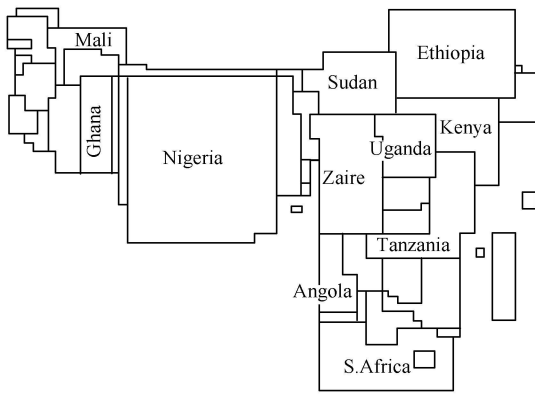


图 4 非洲人口表达的面域拓扑图 (源自: http://www.ncgia.ucsb.edu/Projects/Cartogram_Central/gallery.htm)

Fig 4 The cartogram representation of Africa Population

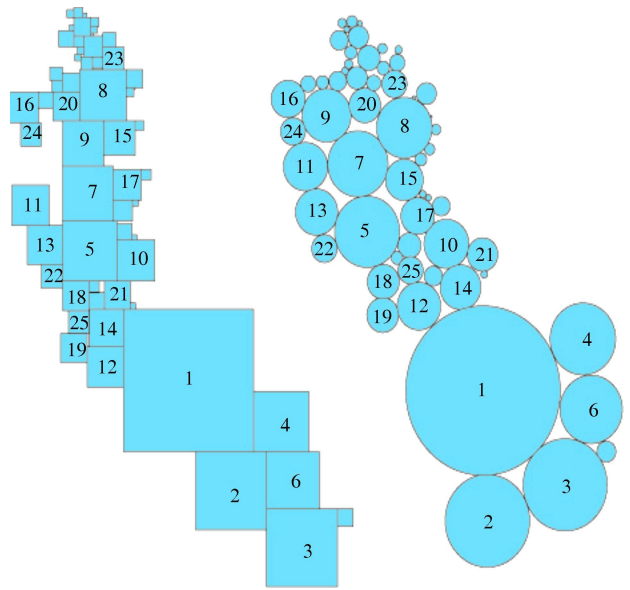


图 5 面域拓扑 Dorling图示例^[17]

Fig 5 An example of Dorling cartogram^[17]

面域拓扑图是地图制图领域的重要的图形表达形式,在 20 世纪 70 年代就开始采用^[16],目前许多地图制图软件如 ArcMap ArcView 提供了这种制图模块工具。在长期的研究中产生了多种形式,可以分为连续的、离散的和 Dorling 型 3 种。连续的面域拓扑图指实际邻近的区域仍然保持共享边界,但图形形状变形很大,甚至扭曲。离散的面域拓扑图将各区域分离开,但形状与实际的按比例保持相似。Dorling 型是根据最早设计该图形的专家命名^[17],它是采用圆、矩形等一些形状简洁的图形代替各区域,通过面积大小变换后按区域间的拓扑、方位关系布局^[17],如图 5。3 种面域拓扑图除了具有区域面积大小与属性数量呈线性关系的共同特征外,各自有不同特色分别面向不同任务。连续型面域拓扑图强调拓扑邻近与边界共享特征,不关心形状的变形,离散的面域拓扑图的形状保持相似,但缺乏连续感,Dorling 型面域拓扑图则对形状作了高度概括,见不到原来形状的影子,只关注相对位置。

面域拓扑图非常适合区位专题信息的认知表达,与这类信息在我们大脑中的心象地图相对应。这是因为在我们的记忆中,重要的突出的专题特征会占有大的记忆片断,获得深刻的印象定位。对于规模、强度、能力等度量特征的表达,在大脑思维中需要寻找一个参照,获得有形的印象体,然后进行比较,我们在描述诸如宇宙、星球、国家等大尺度空间的年龄、距离、大小时,给出一个数字后,往往作

进一步解释,采用诸如“相当于绕地球多少圈”“相当于多少个某省的面积”“相当于一年的多少秒”等等,其原因就在于帮助大脑建立这种有形的概念,面域拓扑图的区域大小就承担了专题属性表达的这种有形的依托。有关认知试验表明,在不同感知效应中,与听觉(辨析声音的强弱)、重力感(辨析总量的轻重)、触觉(辨析粗糙度差异)等相比,视觉对面积大小感应的灵敏度是比较强的,面积上的微小差异会被我们视觉感知到(而两个不同重量的铅球要有明显的差异才能被重力感知)。另一方面,面域拓扑图在区域的空间关系处理上,采用拓扑邻近、相对方位等定性表达方式,不关心精确的空间关系、区域形状、结构模式与方位特征,这一特点与心象地图认知的定性化效应相吻合。因此,面域拓扑图可胜任专题属性定位认知的心象地图的表达。

2.3 赛伯网络图 (Cybermap)

网络虚拟空间是一个有待研究的新型空间^[18],与实空间不同,虚拟空间发生的信息交流、点击访问、上传下载和数据传输等网络事件与过程,在零时间、零距离下完成,但又有相同之处,赛伯空间里也存在导航,面对众多链接的网页访问,达到一定深度时也出现类似实空间、困在迷宫中迷路的情形,在点击访问过程中,浏览者的大脑会出现一幅用拓扑结构连接站点的心象地图。为了对赛伯空间里存在的事物、发生的现象与过程进行可视化表

达, 为虚拟空间的导航与分析服务, 计算机网络领域建立了一种专门的可视化技术 Cybermap^[9], 我们把它翻译为赛伯网络图。赛伯网络图是对赛伯空间的点击导航、信息传输等网络事件、网络现象的可视化表达, 是一个还正出于研究的信息可视化技术。目前赛伯网络图表达的主要内容包括: 网络结点导航、点击率、DNS 域名分布、访问记忆、信息流量、因特网发展态势、服务器节点分布和信息容量等, 图 6 是赛伯网络图的一个实例。

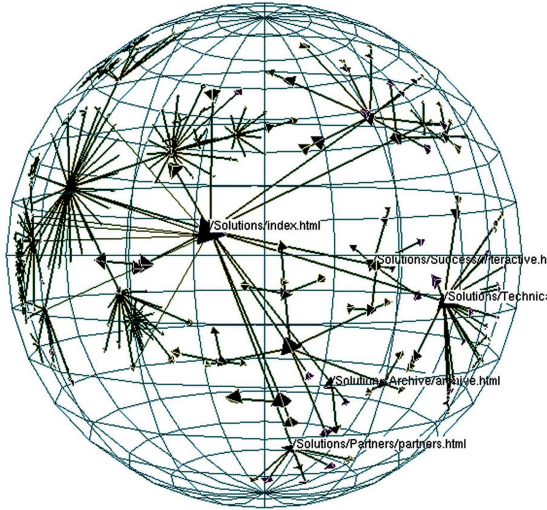


图 6 赛伯网络图示例 (源自: <http://www.cybergeography.org/atlas/geographic.htm>)

Fig 6 An illustration of cybermap

赛伯网络图可视化的主要特点是采用拓扑结构表达信息内容, 关注结点链接、在线、离线、访问通达性等拓扑信息, 不关心节点连接的距离、节点切换的方位关系。

值得注意的是, 赛伯网络图与另一个网络相关的概念 Webmap 是完全不同的, 尽管都与网络有关, Cybermap 是指可视化的对象为网络空间, Webmap 是指可视化的技术手段为网络, Webmap 可视化的内容仍然是实空间的现象与事件, 只是我们采用网络技术来发布地图、浏览地图、下载收集不同站点的数据来制作地图。因此从形式上看 Webmap 跟过去的常规地图没有太多区别 (动态性功能可能是一个差别), 但 Cybermap 与常规地图的差别就比较大了, 赛伯空间已经不是一个欧氏空间, 距离、方位的度量意义不存在, 传统意义上的地图制作数学法则 (包括地图投影、比例尺、图幅定位) 失去作用, 从地图学角度, 赛伯网络图的设计面临众多挑战性问题有待研究。

根据赛伯网络图的特点, 可以看出该图是对虚

拟空间认知、导航的一种心象地图形式, 它符合心象地图的定性化、拓扑性特点, 与网上冲浪时大脑中的空间认知印象相一致。

3 讨论: 它们是真正的地图吗?

根据心象地图的特点, 我们上一节列出了 3 种定性表达的可视化形式, 分别用于不同信息内容认知的心象地图表达。从图形形式上看, 与常规地图有一定差别 (变形较大), 使得我们产生疑问: 他们是真正的地图吗?

这个问题的答案需要用地图的定义来考察。地图的定义包含三方面内容, 一是采用图形符号表达信息内容而产生的直观形象性特点; 二是通过综合概括技术处理产生空间的一览性特点; 三是遵循一定的数学法则产生的可度量特征, 该数学法则包括比例尺、地图投影与图幅定位。

以上 3 种可视化形式对于地图定义的前两条要求显然是满足的。路网构架图、面域拓扑图、赛伯网络图均采用图形符号视觉语言来表达点线面目标, 符号的描述参量符合 Bertin 视觉参量体系, 与常规地图没有什么差别。对于综合概括技术处理, 这 3 种可视化都采用了, 而且比常规地图更彻底, 属于过度的综合处理。路网构架图不仅将路线化简为平直形状, 空间距离和方位关系也进行了分辨率降低的处理, 用等级化的四方向、八方向、十六方向简略表达线路连接的转折方位。面域拓扑图在对区域几何变换中也对形状进行了化简, 其中 Dorling 图对区域形状化简程度最大。

目前产生疑问的便是地图定义的第 3 个方面数学法则, 我们在这 3 种可视化图上任选两个点 A、B 图面距离 $\|AB\|$ 与实际空间两对应点的距离不存在比率关系, 该图形不具备比例尺概念, 据此下结论说这些可视化形式不遵循数学法则, 从而不符合地图的定义。

作者认为, 以上对地图数学法则的认识是片面的, 随着新技术条件下一系列新型可视化形式的面世, 地图数学法则所包含的内涵应当扩展, 不限于空间距离的比例尺变换。本质上讲地图数学法则是地图空间变换的规则与数学原理, 由三维表达的立体空间变换为二维的平面空间是地图投影的数学法则, 不同投影参考系间的转换是地图空间参考变换的数学法则。同样, 由常规道路图实施拓扑变换、方位变换后得到定性表达的路网构架图 sche

map 也是一种数学法则, 该变换不是随意的, 在计算几何领域有严格的算法, 变换的几何模型符合该图的定性化表达的要求。面域拓扑图的生成也有严格的几何变换模型, 不管是连续的、离散的、Dorlin 型的都有严格的算法。

既然这种可视化是按照一定数学法则转换而来的, 为什么没有常规地图那样的距离、方位可度量特征呢? 其实该表达也是具有度量特征的, 只是精度不同。这里不妨对“度量”概念的本质作一些分析, “度量”具有粒度、层次性特征, 度量到哪一层次的精度由尺度的分辨率决定。Stevens 发表在《Science》上的关于度量描述的文章, 定义了 4 种尺度下的度量概念: 定名量、有序量、间隔量、比率量^[20], 按照该顺序量化的程度逐渐加强。有序量可以表达等级上的度量差异, 可以进行大小比较运算, 但缺乏差异多少的定量化表达, 而间隔量、比率量不仅可表达大小、强弱级别差异, 还能进一步说明差异多少、相差倍率。路网构架图通过抽象化后, 仍然可以表达距离上的远近关系、路程上的等级, 只不过是有序量表达的。例如在地铁路网构架图上, 里程表达为“n 站路”代替常规的“Xkm”, 方位表达为东南西北或者是进一步细化的八方向, 代替“Y 方位角”, 实际空间的距离 x 、 y 若存在 $x > y$ 在路网构架图映射后仍然有 $f(x) > f(y)$ 。对于面域拓扑图各区域间的空间方位关系、拓扑关系表达也维持了实际空间类似的有序量表达。而赛伯网络图对于距离、方位不表达, 只是针对赛伯空间的特点表达拓扑结构, 对该图的应用需求也只是拓扑意义上的量算, 例如图论上的关联度、最短路径 (用通过的节点数目表示而不是里程数)、连接度 (betweenness) 等。因此, 从低分辨率度量特征考察, 以上的可视化表达是具有可量算性质的。

这样, 地图定义的 3 个特征在这些可视化形式中都符合, 因此作者认为他们是地图, 尽管他们不符合空间的比率变换。实际上由于存在投影变形, 在常规地图上, 投影后各处也有距离、面积的比例差异 (我们有控制不变形的投影变换手段, 但往往是顾此失彼), 严格意义上常规地图比例尺也不是均一的。我们在对地图定义时使用外延广的术语“数学法则”而不是狭隘的术语“比例变换法则”, 已经考虑随着技术发展有可能出现新的数学法则和新的空间数学变换, 说明地图学的先驱研究者对地图作定义时是看得比较远的。

4 结 论

空间认知研究既要考虑空间实体在实际空间存在的本体特征, 又要考虑认知主体在感知、辨析、识别、推理不同思维过程中的心理反应, 作为认知结果的表达, 心象地图具有定性化、抽象化和非确定性等特点, 它强调拓扑结构, 需要由特殊的图形形式来表达或模拟。本研究经过分析总结了 3 种适宜这一表达特征的 3 种可视化技术, 包括面向道路路网认知表达的路网构架图、专题属性空间定位信息认知表达的面域拓扑图、虚拟网络空间导航认知的赛伯网络图。其他表达空间信息的定性可视化技术, 只要符合心象地图的特点, 也可以纳入该表达范畴。

心象地图的表达在空间认知研究中具有重要意义, 要了解大脑对空间信息的加工处理机制, 首先要将认知结果进行外部化 (Externalization), 然后通过人工智能技术在该表达上研究诸如选址、寻路等空间认知推理问题。大脑里存储的是粗化表达的地图形式, 而机器模拟推理如果采用精确表达的常规地图, 则两者间无法建立正确的映射关系。

关于定性化表达可视化形式是否符合地图的定义, 本文给出了认识的思路。随着多媒体、虚拟现实、新型动画技术的出现, 空间信息可视化出现了许多新形式, 也造成了地图认识上的混乱, 有人认为, 地图的概念已经讲不清了, 什么是地图、什么不是地图已经没有标准衡量了。其实, 对于有着悠久历史和上千年制图实践的地图学, 地图定义的框架是明确的, 其 3 个特征仍然是考察的标准, 但 3 个特征的内涵可以与时俱进地扩充内容。

本文的有些观点是作者主观性的“个人认知”, 期待着与同仁们商榷。

参考文献 (References)

- [1] Goodchild M F. Geographical Information Science. *International Journal of Geographical Information Systems* 1992 6(1): 31-45.
- [2] Piaget J, Inhelder B. *The Child's Conception of Space*. New York: Norton, 1967.
- [3] Gao J. Cartographic Tetrahedron: Explanation of Cartography in the Digital Era. *J. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica* 2004 33(1): 6-11. [高俊. 地图学四面体——数字化时代地图学的诠释[J]. 测绘学报, 2004 33(1): 6-11.]
- [4] Gao J. Spatial Cognition of Maps and Cognitive Cartography.

- Exploration of Cartography in Culture and Science Field [J]. Chinese Yearbook of Cartography 1991 [C]. Beijing: Sinomaps Press 1991. [高俊. 地图的空间认知与认知地图学——地图学在文化与科技领域的新探索 [A] 中国地图学年鉴 1991 [C]. 中国地图出版社, 1991.]
- [5] Ai T H, Guo R Z. Polygon Cluster Pattern Mining Based on Gestalt Principles [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica 2007 36 (3): 302—307. [艾廷华, 郭仁忠. 基于格式塔识别原则挖掘空间分布模式 [J]. 测绘学报, 2007, 36 (3): 302—307.]
- [6] Shepard R N, Metzler J. Mental Rotation of Three-Dimensional Objects [J]. Science 1971 171 (972): 701—703.
- [7] Denis M, Kosslyn S M. Scanning Visual Mental Images: A Window on the Mind [J]. Cahiers Psychol Cogn 1999 18: 409—465.
- [8] Li Z, Yan H, Ai T. Automated Building Generalization Based on Urban Morphology and Gestalt Theory [J]. International Journal of Geographic Information Sciences 2004 18 (5): 513—534.
- [9] Ai T, Guo R, Liu Y. A Binary Tree Representation of Bend Hierarchical Structure Based on Gestalt Principles [A]. Forer P, Yeh A G Q, He J. Proceedings of the 9th International Symposium on Spatial Data Handling [C]. Beijing 2000.
- [10] Lu X J, Zhou C H, Gong J H. On Geographic Spatial Thinking in Images: The Development of Spatial Mental Images [J]. Acta Geographica Sinica 1999 (5): 401—409. [鲁学军, 周成虎, 龚建华. 论地理学的形象思维——地理意象的发展 [J]. 地理学报, 1999 (5): 401—409.]
- [11] Fieksa C. Qualitative Spatial Reasoning [A]. Mark D, Frank A U. Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space Dordrecht: Kluwer 1991.
- [12] Caduff D, Timpf S. The Landmark Spider: Representing Landmark Knowledge for Wayfinding Tasks [A]. Barkowsky T, Fieksa et al. Reasoning with Mental and External Diagrams: Computational Modeling and Spatial Assistance [C]. AAAI Press: Stanford CA, USA 2005.
- [13] Timpf S. Ontologies of Wayfinding: A Traveler's Perspective [J]. Networks and Spatial Economics 2002 2 (1): 9—33.
- [14] Avejar S, Muller M. Generating Topologically Correct Schematic Maps [A]. Forer P, Yeh A G Q, He J. Proceedings of the 9th International Symposium on Spatial Data Handling [C]. Beijing 2000.
- [15] Sergio C, Mark de B, Steven van D, et al. Schematization of Road Networks [A]. Proceedings of the Seventeenth Annual Symposium on Computational Geometry [C]. Medford, Massachusetts: United States 2001.
- [16] Dent B D. Communication Aspects of Value-by-Area Cartograms [J]. The American Cartographer 1975 2 (2): 154—168.
- [17] Dorling D. Area Cartogram: Their Use and Creation [M]. England: Newcastle Upon Tyne 1995.
- [18] Wan G, Gao J, You X. Several Spatial Cognition Problems in Virtual Terrain Environment Simulation [J]. Science of Surveying and Mapping 2005 (2): 48—50. [万刚, 高俊, 游雄. 虚拟地形环境仿真中的若干空间认知问题 [J]. 测绘科学, 2005 (2): 48—50.]
- [19] Jiang B, Omeijng F J. Cybermap: the Map for Cyberspace [J]. Cartographic Journal 1997 34 (2): 111—116.
- [20] Stevens S S. On the Theory of Scales of Measurement [J]. Science 1946 161: 677—680.

Maps Adaptable to Represent Spatial Cognition

AITing-hua

(School of Resource and Environment Sciences, Wuhan University, Hubei Wuhan 430072, China)

Abstract Spatial cognition deals with the cognition of spatial properties of the world including location, size, distance, direction, shape, pattern, movement, and inter-object relations. Mental map is the representation result of spatial cognition about such spatial characteristics of the real geographic world. It has the following properties: heterogeneously representing space; subjectively selecting objects; uncertainly locating entity; and inaccurately measuring scale. The mental map consists of discrete pieces, such as landmarks, routes, and regions, which is determined by physical perceptual or conceptual boundaries. For the content organization, the pieces have multiple levels without complete connection revealed by patterns of errors. In order to represent and visualize this kind of map, special visualization methods are required rather than the traditional map. This study investigates some qualitative visualization approaches presenting three methods to represent mental maps focused on different contents. They are the schematic map representing road network cognition, the cartogram map representing the area distribution information cognition, and the cybermap representing the topological cyberspace cognition.

The schematic map is a linear abstraction of functional networks including roads, railways, shipping lanes, and foot paths. The network representation clarifies the operational relationships and describes the topology in simplified form. The schematic map suits for representing network cognition because it closely mimics the way we store the road cognition information about our physical environment in our memory. The orientation and distance representation is coarse but the relative

connection relationship is accurate. This kind of qualitative visualization focuses on the topological relationship which is important in our quickly searching for the navigation information. In our mind we also use the simple map to represent and to justify the spatial orientation and distance. In contrast, the traditional cartographic road map is difficult to get the navigation although it is accurate.

The cartogram, also called value-by-area map, is a type of graphic that depicts attributes of geographic objects as the object's area. The value-by-area mapping technique encodes the mapped data in a simple and efficient manner. The attribute can be a country's population, its literacy rate, or GDP. In our memory the important attribute usually gets a large image patch and the spatial relation distributes in a topological connection rather than accurate connection. We don't care the exact spatial relation, object shape and orientation. The cartogram converts the background data to a visualization representation so that the attribute information is easy to recognize. So the cartogram map is adaptable to represent attribute information cognition.

The cyberspace is defined as a computer-generated landscape, the virtual space of a global computer network linking all people, computer and sources of various information in the world through which one could navigate. As the virtual space cognition tool, the cybermap provides the user with quick ways to access what he wants to navigate the hit paths. It focuses on the topological information representation in virtual space cognition and navigation. This kind of map can be used to represent the cognition information about virtual space.

Three qualitative representation maps have the same property that concerns on the topological information to describe the coarse cognition result in our mind. From the perspective of the map definition, the paper examines the measurement characteristics and proves that they have measurement properties at order scale level.

Key words: spatial cognition, mental map, qualitative representation, geo-information visualization