

可视化的定义及地图可视化的阐释

汪绍航^{1,2}, 钟业勋^{2,3,4*}, 周汝健^{1,2}, 胡宝清^{3,4}

¹中国人民解放军92678部队, 天津

²海军工程大学导航工程系, 湖北 武汉

³南宁师范大学北部湾环境演变与资源利用省部共建教育部重点实验室, 广西 南宁

⁴南宁师范大学广西地表过程与智能模拟重点实验室, 广西 南宁

收稿日期: 2023年7月17日; 录用日期: 2023年8月17日; 发布日期: 2023年8月29日

摘要

从数学的充要条件、物理学的相关定律和认知科学的角度, 探讨了可视化表示问题, 给出了可视化定义。地图是空间地理信息可视化的一种表示形式, 从地理信息的获取、地图的无形信息的显化、广域空间的表示、地形地貌的演化等方面, 对地图可视化进行了阐述和解释。

关键词

可视化, 定义, 地图, 信息, 阐释

Definition of Visualization and Explanation on Map Visualization

Shaohang Wang^{1,2}, Yexun Zhong^{2,3,4*}, Rujian Zhou^{1,2}, Baoqing Hu^{3,4}

¹PLA 92678 Troop, Tianjin

²Department of Navigation Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan Hubei

³Key Laboratory of Environment Change and Resources Use in Beibu Gulf, Ministry of Education, Nanning Normal University, Nanning Guangxi

⁴Guangxi Key Laboratory of Earth Surface Processes and Intelligent Simulation, Nanning Normal University, Nanning Guangxi

Received: Jul. 17th, 2023; accepted: Aug. 17th, 2023; published: Aug. 29th, 2023

Abstract

This paper discusses the questions of visualization and gives the definition of visualization from

*通讯作者。

文章引用: 汪绍航, 钟业勋, 周汝健, 胡宝清. 可视化的定义及地图可视化的阐释[J]. 地球科学前沿, 2023, 13(8): 925-935. DOI: 10.12677/ag.2023.138088

the perspectives of sufficient and necessary conditions of mathematics, relevant laws of physics and cognitive science. Map is a form of visualization of geo-spatial information. The authors explain the map visualization from the aspects of the obtaining of geo-spatial information, the show of invisible map information, the show of wide-area space and the evolution of topography and geomorphology.

Keywords

Visualization, Definition, Map, Definition, Explanation

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

人以理论的方式观念地掌握世界，也以实践的方式实际地掌握世界，两者都必需不断地获取外部世界的信息[1]。人要通过感觉器官(眼、耳等)接收外部信息。人的大脑中有 150 亿个神经元，其中 75% 以上服务于视觉，人类视觉获取信息的比例高达 78%，视觉是获取外部信息的主要通道[2]。如此重要的信息获取通道使“可视化”概念应运而生。通常理解“可视化”是指“眼睛可以看见的事物”。可视化在西方多称为视觉化(Visualization)，解释为“不可直接观察的某种事物的直观表示”[3]。医院通过仪器设备获得体检者的心电图、脑电图、彩色 B 超图、胸透 X 光片等，都是通过某种手段，使肉眼不可见的人体器官转化为一种“可直观表示的图像”，也就是使之可视化。

推理是从前提推出结论的思维过程[4]。在对“可视化”定义时我们既要遵循命题逻辑的推理理论，满足“可视化”的充要条件，又要使其满足必要的物理条件，这样才能使定义既科学合理又严谨规范。为此，我们想从数学、物理学和认知科学等角度，对这些问题进行探讨，阐释地图上的系列可视化事例。

2. 充要条件和可视化充要条件

2.1. 充要条件

若假言判断“若 A 则 B ”为真，则称 A 为 B 的充分条件；若假言判断“非 A 则非 B ”为真，则称条件 A 是 B 的必要条件；若假言判断“若 A 则 B ”和“非 A 则非 B ”同时为真，则称条件 A 是 B 的充要条件[5]。

2.2. 可视化充要条件

早在 1000 年前，号称“阿拉伯牛顿”的阿尔哈曾就发现视力是由光线从外部进入眼睛导致的[6]，而能进入人的眼睛的光必定是可见光。物理学揭示，人类的可见光谱约在 400 nm 至 700 nm 之间；400 nm 以下的短波和 700 nm 以上的长波均非肉眼所能及的波段[7]。观察对象 A 发射的可见光，能引起观察者 B 的视觉反应，当观测者 B 视觉正常或部分正常条件下才有效。如果我们把视觉正常的人的视力参数定为 1，而把失明者的视力参数定为 0，那么，视力参数处在 0 和 1 之间的人就是对部分颜色色盲的人群[8]。观察对象 A 发射的可见光在观察者 B 的视觉反应是感觉，进而引起 B 的知觉，知觉是各种感觉信息事物的一定关系和联系被整合成一个完整的映象。知觉是个多层次、多水平的信息加工过程，人们总是以知觉的方式来反映事物。思维是进行认知的心理活动，它是以知识经验为中介，对客观现实概括的、间接

的反映。思维是人类认识的理性阶段，在认识过程中十分重要[9]。表象是基于知觉在头脑中的感性形象，表象有记忆表象和想象表象之分，前者与经验有关，后者具有创新意义[10]。康德说：“一切知识就是一切伴随意识的关于客体的表象。直观是个体的表象，不直观就是概念。概念是普通的表象或反思的表象”。借助概念的知识就是思维[11]。视觉引起和关联的知觉是思维过程的必要操作，笛卡儿的名言“我思故我在”说明认识主体 B 的理性认识的重要性。认知对象 A 能使认识主体 B 感知和反应，是定义可视化的充要条件，也说明物质和意识同为世界的本源，由此推定，在物质空间和非物质的思维空间之间必定存在映射。映射、变换、对应都是函数的同义词[12]。

2.3. 映射

定义 1 映射 设 f 是从 X 到 Y 的关系，即 $f \subset X \times Y$ 。如果 $\forall x \in X$ ，存在唯一的 $y \in Y$ 使 $(x, y) \in f$ ，则称 f 是从 X 到 Y 的映射(函数)，记作 $f: X \rightarrow Y$ ，而称 X 是 f 的定义域。若 $(x, y) \in f$ ，则用 $y = f(x)$ 表示，并称 y 是 x 在 f 下的像或值[13]。

2.4. 可视化定义

定义 2 可视化 $\exists f: X \rightarrow Y$ ，若下列条件满足：

$$A \in X \Rightarrow f(A) \in Y, \text{ 当 } Y \Leftrightarrow R \in B \wedge B \in X \quad (1)$$

则称 $f(A)$ 为具有非物质思维空间 R 的认识主体 B 对可视化对象 A 的映射或认识。因为认识主体是人，人是自然的、肉体的、感性的、对象性的存在物，人的物质性毋庸置疑，所以认识主体 B 本身是物质空间 X 的元素，即 $B \in X$ ，而非物质思维空间 R 是从属于认识主体 B 的，所以 $R \in B$ 。

设满足可视化条件的事物记为 A_s ，而不具可视化条件的事物就是可视化事物 A_s 的补集，即 A_s^c 。认识工具实质上是主体感受器官的延伸，是主体用于接收、加工、存取和输出有关客体信息的中介手段[14]。科学实验的仪器设备，如望远镜、显微镜等均属此列。显然，使用工具可扩大可视化事物的范围。

2.5. 物质空间

物质(matter)是构成宇宙间一切物体的实物和场。世界上所有的实体都是物质[15]。物质，指在人类意识之外，独立存在又能为人的意识所反映的客观实在[16]。时间和空间是物质存在的固有形式，爱因斯坦的狭义相对论已证明，物质存在与空间和时间有不可分割的联系[17]。闵可夫斯基认为，空间和时间不可能独立存在，他提出的“四维时空”概念及关于“事象”的解释，对时空的密切关系作出了很好的说明。所谓“事象”就是发生在世界上的事件，每件事情都可用四维时空中的一点来表示，即三维空间坐标 x, y, z 和一维时间 t 。三维空间中发生“事件”，其占据的空间 $v = x \times y \times z \neq 0 \Leftrightarrow v \neq \emptyset \Rightarrow t > 0$ ，空间中“存在”的事物都有相应的寿命，这是不证自明的公理[18]。 x, y, z 的非零实值，是空间度量值，而 t 则是时间度量值。现代物理学公认的极限时间间隔是普朗克时间间隔 $s_0 = 5.39 \times 10^{-44} \text{ s}$ ，极限空间长度是普朗克长度 $l_0 = 1.62 \times 10^{-35} \text{ m}$ 。而普朗克长度正是普朗克时间间隔 s_0 与光速 c 的乘积，即 $l_0 = s_0 c$ ，这关系也证明了物质存在与空间和时间不可分割的联系[19]。从这些经典论著中阐明了：空间非空性和时间的非负实值是物质存在的充要条件[20] [21]。除时间和空间外，物质有多种物理性质是可以度量的，如温度、密度、重量等都具有可度量性[22] [23]。但最基本的不可回避的是时间和空间的可度量性，低于普朗克极限空间长度和少于普朗克极限时间间隔，一切物理定律失效[24]。

2.6. 认识主体的非物质认知空间

从可视化定义可知， $f(A) \in R \in B$ 是认识主体关于物质空 X 中的事物 $A \in X$ 的认识， $f(A) \in R \in B$ 表

明,以表象、概念等表达的 $f(A)$ 是隐形信息,包容它的认知空间 R 是无形的非物质空间。人要生存发展,就要了解环境,认识世界。梅达尔·博斯认为,世界与个体是一个整体。世界在个体中被揭示,个体揭示世界客体[25]。不同的主体对同一对象的认识会有差异,这主要是由于不同的主体有不同的认知结构使然。瑞士心理学家皮亚杰认为,人类的认识活动从属于主体和外部世界在连续不断的相互作用中逐步建立起来的一系列心理结构,即认知结构。人在认识外部世界的同时,经过同化和顺应作用,使认知结构不断由低级向高水平发展[26] [27]。人从幼儿园、小学、中学、大学,研究生,乃至成为某领域的专家教授的成长过程,印证了人的认知结构不断由低级向高水平发展过程。一班学生给同一模特素描,效果总会有所差异,有经验的老师就能发现微细的缺点并给出恰当的指导。老师之所以能指导学生,源于他有一个水平更高的认知结构。

客观事物的发展过程中存在着同与变异,有同才有继承和传承,只有变异才能演化和发展。张光鉴把认知结构中这种相关概念称之为“相似块”,它本质上是人脑中的知识单元。外部进来的信息与“相似块”的相互作用,又会生成新的“相似块”,从而使知识不断丰富,认识不断深化,乃至揭示事物更深层次的本质[28]。彭家勒称科学美为“深奥之美,这种美在于各个部分的和谐秩序,并且纯理智能把握它。”这是一种理性的美[29]。从牛顿第二定律到爱因斯坦质能方程的发现及其巨大应用价值,可谓是对科学美执着追求和获得巨大成功的范例。牛顿第二定律表述为物体所受的力等于物体质量和加速度的乘积: $F = ma$ 。然而,在微观粒子的实验中,当粒子速率接近光速时,其质量随速率的改变就非常明显,例如,当电子 $v = 0.98c$ 时 $m = 5.03m_0$, m_0 为电子的静止质量, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 。微观粒子的能量通常用电子伏 eV 表示,电子伏定义为 1 个电子加速通过 1 伏特电势差所获得的能量, $1\text{eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$, (J 为焦耳)。可见牛顿第二定律在相对论力学中不再适用。根据质点(例如电子)的动量也随速率增大而增大的实验和能量守恒定律,爱因斯坦推出了改变世界的质能方程: $E = mc^2$, 他把质量守恒赋予了质能守恒的新含义[30] [31]。海森堡说:“科学认识突破性进步依赖于发展概念,包括‘修改’旧概念和引入新概念而实现[32]。”爱因斯坦质能方程的发现过程是对海森堡观点的印证。显然,所有思维创新、科学发现和发明创造,都离不开最初的与可视化密切相关的感性认识,而理性认识则离不开包含概念的思维,离不开与原来获得的科学文化知识的相互作用和整合。所以,我们认识世界过程,从可度量的物质空间到不可度量的非物质的思维空间的变换非常重要和不可或缺[33]。

2.7. 大脑信息的显化——信息交流的重要方式

“虚”本质上是存在于人类大脑中看不见摸不着的无形的思想,包括由视觉获得的对象的感觉表象、知觉、概念等。意识是大脑的本能,意识运动过程即思维,通过思维形成对“实”的意象和意境,以及相关概念和知识,这些都属于非物质的文化范畴[34]。这些确实存在的隐形信息必须通过从思维空间 R 到物质空间 X 的逆变换使其显化为可视化形式,才能对它进行必要的修改完善和方便信息交流[35] [36]。由此得信息显化定义。

定义 3 大脑隐形信息的显化 设 $R \in B$ 为认识主体的思维空间, A_s 为可见事物集合, A_s 的补集 A_s^c 为不可见事物,若下列条件满足:

$$\forall f(A) \in R \in A_s^c \Rightarrow f^{-1}f(A) = A^* \in A_s \in X \quad (2)$$

则称 $A^* \in A_s \in X$ 为 $f(A) \in R \in A_s^c$ 的显化,这时 A^* 虽以物质为载体,表达的却是非物质的精神内容。在电脑、电视、书报、手机及在纸张或其它介质上书写的图文,均属于隐形信息的显化。语言表达也属于信息显化,但讲话不属于可视化。当语言以文字表达时属于信息可视化。信息显化是人们可以进行思想交流和科学文化知识得以传承的必要手段。

3. 地图可视化的阐释

地图具有对地理对象进行分类、抽象,以可视化方式表达其空间特征及其关系,存储空间信息,解释空间现象,揭示空间规律,传播空间知识的功能[37]。地图是客观世界的形象符号模型。地图形象是读者所理解的各种地图符号之间的“空间组合”,也就是各种符号及其各种组合、联系、相互依从关系和类集的总和。地图形象是读者理解地图的基础[38]。而没有可视化就不会有任何地图形象。任何人都不能走遍全世界,更不能走回过去。由于地图的制图区域,可以覆盖全球,也包括早已不复存在的过去历史,这样,通过具有某时刻相关区域实体符号模型的可视化地图来获取空间信息,就成为人们扩展空间概念和认知环境的重要手段[39]。

从地图信息传输模型(图1)可见,制图者首先要以可视化制图资料,认识制图对象,其认知能力,把制图对象按制图规则处理,使其转变为可视化地图符号的水平和能力,与他的专业知识和经验相关。地图制作完成后,它又成为地图读者认识客观世界的中介和桥梁。凭借用图者的智慧(思维决策),对未来的行为作出正确的判断。用户对地图质量的评价等信息,再反馈给作者后,又成为其知识经验的组成部分。在地图信息传输模型中,可视化几乎无处不在。图2则表明,把视觉和非视觉资料变换为形式化符号,其过程是交互的动态过程。图3则是制约设计可视化地图符号的一种规则。下面分述地图信息传输过程的可视化的相关环节和实现地图可视化的若干事例。

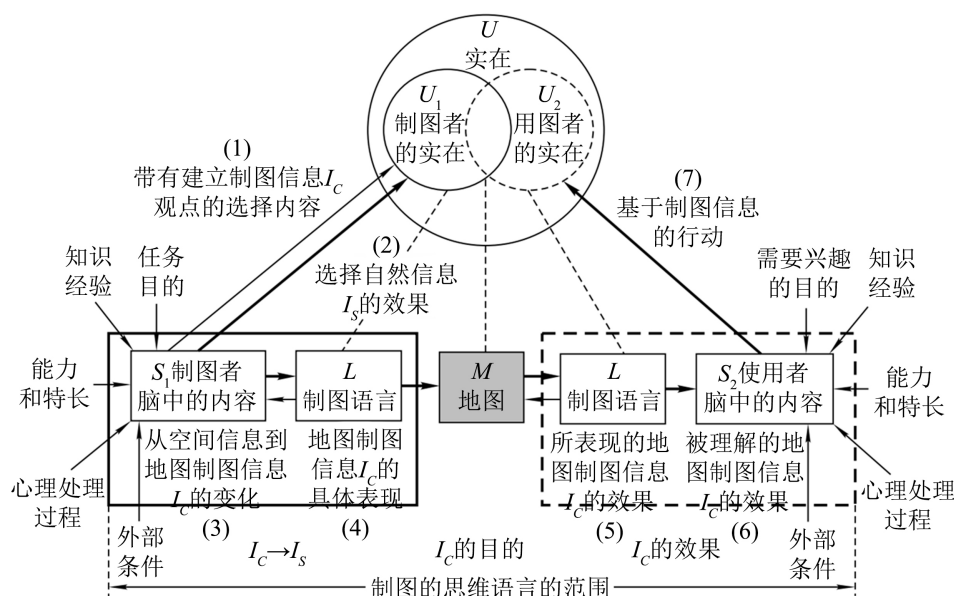


Figure 1. Transmission model of map transformation

图1. 地图信息传输模型

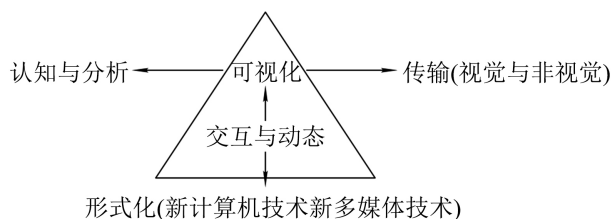


Figure 2. Visualization triangles

图2. 可视化三角形

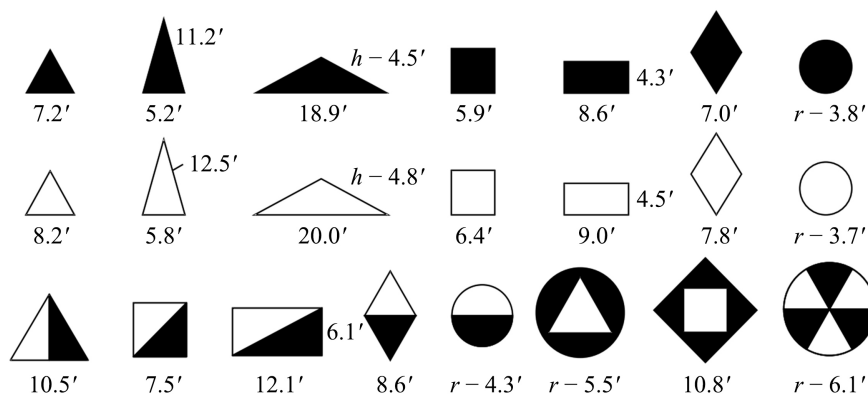


Figure 3. Discriminated threshold of some symbols

图 3. 一些符号的辨别阈限

3.1. 地理信息获取中的可视化

通过现实世界测量观察、通过航空摄影或遥感影像记录的“虚拟现实世界”进行观察，或是其他相关的资料，这些都具有物质世界中 $A \in X$ 的特征。对制图区域内的所有地物进行分析、归类、抽象与综合取舍[40]，便是 $f(A) \in R \in B$ 。由于综合取舍与地图比例尺相关，所以 $f(A)$ 显化，即 $f^{-1}f(A) = A^* \in A_s \in X$ 就是制图对象 $A \in X$ 的地图符号。显然， A 与 A^* 都具有可视化特征，不同的是 A^* 是经过制图者 B 思维加工的产物，它虽然有物质介质为载体，但表达的却是非物质的科学文化内容。 A 与 A^* 一一对应性是地图具有强大的空间认知功能的数学物理基础[41]， A 与 A^* 的对应性缺失又是地图符号错误的根源[42]。

3.2. 地图表示中的可视化

1) 超大和大型地理实体的可视化实现

地图制图以缩小的地球半径 R_z 与地球实体半径 R 之比 $M = R_z/R$ 为地图比例尺，我们可以把各大洲和各大洋一起表示到明视距离的一张图上，使它们的空间关系和大小一览无遗。无疑，不同比例尺的世界地图在对人们普及世界地理知识，传承科学文化上发挥了极重要的作用。因为人的视野有限，也包含了大比例尺地图。

2) 无形的地理信息的可视化

点是零维的，在几何上指没有长、宽、高而只有位置的图形。在测绘学中，地理事物的空间位置是由地球椭球面上的一组经线和纬线确定的。地球上的经纬线无形又确实存在，由于它在空间定位中的极端重要性，所以球面上的经纬网在地图平面上的拓扑变换——地图投影，就是地图的数学基础，这是地图制图中最基本又必须的无形信息可视化[43] [44]。在三角点等具有控制意义的点上，还配置了点位精度有严格要求的点状地图符号以突显其空间存在。所有地图与客观实际的两个基本要素有关：位置及其上面的特征[45]。由于一点总可作一条过该点的垂线，所以垂线上的每一点的属性都能也只能表达在这一点上，例如表示气温、土质、植被、人口数等。这些属性在地图上用相应的地图符号表示。而无形的地理名称则用文字注记表示[46]。地图注记也是使无形信息可视化的常规手段。

3) 重要信息的突显和同类地物的可比较性，广域空间地物分布特点和格局的可视化

地图符号是定位点集和属性点集的并集，其中点状符号具有唯一的定位点[47]，从点为零维的意义来看，点状符号理论上具有无限大的表达属性的空间。三角点、独立树、庙宇等都属点状地图符号。线状符号具有唯一的定位线，从几何意义上线是无宽度的一维点集看，在线的两侧方向也有巨大的表达属性

的空间。铁路、等级公路、城墙等都属线状地图符号。点状和线状地图符号具有突显其相关信息的功能。大型地物,比如湖泊,当其依比例缩小后,使其与同类地物具有可比较性,也有助于地图判读和定位。对于县、市、省、国家、大洲大洋乃至全球的不同空间,当其按一定的比例尺缩小后,广域空间地物分布特点和格局都可实现可视化。地图的点状和线状符号构成图形主体,面状符号则成为背景,图形和背景的对立统一,是使地图获得最佳视觉效果的原因[48]。

4) 时空演化极慢的大陆漂移可视化

20世纪60年代形成的全球板块构造学说是解释现今世界大陆和海洋形成的重要地质理论,它起源于德国气象学家魏格纳(A. Wegener)提出的大陆漂移说[49]。而魏格纳这一思想的产生却源于他1910年一次在病床上看到墙上的一幅世界地图。他仔细端详地图,意外地发现大西洋两岸的轮廓彼此对应,巴西东端的直角突出部分,与非洲西岸呈直角凹进的几内亚湾非常吻合。自此以南,巴西东岸每一个突出部分,都恰好和非洲西岸同样形状的海湾相对应。两岸的凹凸对应激发了他的一个念头:非洲大陆和南美洲大陆当初是否是贴合在一起,后来再分裂、漂移而分开形成大西洋的?基于这一构想,两岸的地层和褶皱所形成的山系必定可彼此连接,他寻找的这些证据果然被找到了。例如,非洲最南端的开普山脉与南美的布宜诺斯艾利斯低山相接,非洲巨大的片麻岩高原和巴西的片麻岩高原遥相对应,二者所含的岩石成份及褶皱延伸方向非常一致。魏格纳还对比了印度、马达加斯加岛、非洲之间的地层构造,同样得出不同程度的对应关系,这些可视化物证说明魏格纳的推断是正确的。后来虽因大陆漂移的驱动力问题未能找到合理的解释而一度受到冷落,但到上世纪60年代,由于古地磁、海底扩张等一系列的地质发现而被重视起来。1965年,布拉德等根据最新的海深图,运用电子计算机技术,做出了大西洋两缘几乎是完美无缺的拼接,这可视化拼接图 A^* ,无疑就是魏格纳大陆漂移思想 $f(A)$ 的印证[50]。1968年6月,法国人勒比雄(X. Lepichon)提出全球概括为六大板块:欧亚板块、非洲板块、美洲板块、印度板块(或印度洋板块、澳大利亚板块)、南极洲板块和太平洋板块[51]。应用现代大地测量技术,可对板块移动的速率进行精确的测量。据资料显示,阿尔卑斯——喜马拉雅型聚汇边界的聚汇速率均小于5 cm/a。太平洋单侧的扩张速率为3~8 cm/a,大西洋和印度洋大多是1~2 cm/a。如果把时间跨度改为1000万年或2000万年,其变化就明显了。文献[52]就是用墨卡托投影、北极和南极球面投影和兰勃特等积投影四组投影共52幅图,以2000万年为时间间隔,表示地球从2亿2千万年前的联合古陆演化到今天的过程。可见变化极慢的板块运动导致的海陆演化也能实现可视化。

5) 基于北斗全球定位系统(BDS)的导航定位服务和高德、百度地图、天地图网站推出的车载和手机地图使地理空间定位实时、快速、准确,是地理空间数据从隐形信息到可视化的最新表现

移动手机地图与位置服务在2005年底就有中国联通、中国移动、高德、四维图新等公司及百度地图、天地图网站推出,它为车辆导航、查找地物的空间位置提供了方便。2020年以来的疫情期间,手机提供的健康码和行程码,为全国各地的抗灾防疫立下了汗马功劳。我国自主研发的“北斗”全球定位系统(BDS),具有成本低、精度高、功能更强等特点,它可向公众提供实时亚米级导航定位服务,向专业用户提供厘米级乃至毫米级的定位服务[53]。2012年我国的BDS已覆盖全国及周边地区。2020年已建成由3颗静止卫星和30颗非静止轨道卫星组网而成的全球卫星导航系统,实现了全球覆盖。2023年,北斗实时高清3D地图,可实时预览村庄、城镇、地形、道路等地物,实时地图还可放大缩小,为你提供最佳的可视化环境[54],这也许是地图可视化的最高境界。

3.3. 地物演化和环境监测中的信息可视化

在人类居住的地球上,基于人类行为和火山、地震、水灾等自然原因的地物演化无处不在,不同的只是各地的演化速率不同而已。地物演化遵循地物消长零和律,这是确保演化空间恒定性的规则[55][56]。

地物演化的恒常性和普遍性使地图的现势性不断降低, 为了提高地图的现势性和使用价值, 必须及时掌握实地地物演化的状况, 定时更新地图数据库以为地图更新提供依据。现代空间定位技术、遥感技术、地理信息技术、计算机技术、通信技术和网络技术的发展, 使人们能快速、实时和连续不断地获得有关地球及其外层空间环境的大量几何与物理信息, 其中也包括地物演化的信息[57]。如今, 我国已经完成 1:5 万、1:25 万、1:100 万 3 个比例尺国家基础地理信息数据库建设并能每年发一个新版本[58], 这也意味着每年出一版展示相应比例尺的地物演化状况的可视化新图轻而易举。

3.4. 发掘出土的可视化古地图的考古贡献

我国历史悠久, 从历代王族的墓葬出土的文物中不乏古地图, 由于地图记录着当时的地理和人文信息, 很具考古价值。1986 年 9 月在甘肃天水放马滩五号西汉墓中出土了一幅纸质地图, 该墓葬属西汉文景时期, 该图纸的出土证实了纸张的使用比蔡伦“发明”纸张要早 200 年。1973 年 12 月在湖南长沙马王堆三号西汉墓中发掘出土三幅绘在帛上的帛地图。考证认为, 该三图为距今 2100 多年的汉初绘制。其中的地形图的主区的主要河流, 主流和支流的水道情况、主流和支流的交汇处大都接近今图。该图主区地物、地貌能达到或接近今测地形图的精度。对河流水系的表示与现代地形图的表示基本相似, “地形图”具有分级明确的符号系统, 说明中国的地图制图在 2100 多年前就达到了较高的水平。出土的“驻军图”是目前发现的最早的驻军图, 也是目前发现的最早的彩色地图。在“驻军图”上, 兵力部署、设防重点、防御方向等作战意图都能清晰表示。“城邑图”也是目前发现的最早的城邑图, 图上标绘了城垣范围、城门堡、城墙上的亭阁、城区街道、宫殿建筑等, 这些要素的表示与现今专题图的理念和要求相近[59]。从这些可视化古地图与今天地图的比较中, 我们感受到了中华文化的历史悠久和博大精深, 也使我们更看清了文化传承的脉络。

3.5. 可视化地图上的隐形信息挖掘

价值是客体的属性对主体属性的满足关系[60]。在地图信息传输链中地图读者是主体, 地图是客体。同一客体对不同的主体(读者)会有不同的价值源于地图的多种属性和主体需求的多样性。比如说, 有人把地图作为出行的导引; 有人作为规划设计的底图; 有收藏兴趣者却看中地图的收藏价值, 等等。地图是客观世界的符号模型, 它记载着客观的自然和社会人文信息, 这使它随着时间的推移变成古董后依然有价值, 历史地图在反映不可再现的历代自然和社会状况及行政区划的演化和变迁中具有巨大的价值。地图是有主见善思维的人制作的, 因此必然渗透着作者对自然和社会现象的认知, 包括类型的划分、分级指标等主观认识和思维倾向, 如柯本的气候区划、道哈耶夫的自然地带、杜能的地理区位论等等[61]。地图的某些地物的空间分布与看不见的地质构造相关, 例如, 某些植物群丛是矿藏的最佳标志; 而另一些植物群丛则可判定出大规模构造变动(断裂、裂隙带), 有些植物群丛可表明所在地区属于盐渍化地下水区。有些等高线图形也隐含着该区域抬升或沉降的信息。人能“看见”什么与其思维结构有关, 它以原有的知识为指导。如上面这些情况被地质学者看到, 就可能敏锐地发现这些隐形信息, 从而导致地质发现。从地图的显形信息与隐形信息的相关性可知, 拓宽知识范围, 通过学习和吸纳新信息使认知结构不断向高水平发展, 是发现隐形信息的有效途径[62]。

4. 结语

人以理论的方式观念地掌握世界, 也以实践的方式实际地掌握世界, 因而必须从外部世界获取信息和加工信息。根据视觉获取的巨大比例和重要性, 对可视化必须满足的充要条件、物理定律的制约、认知科学的规则等方面进行探讨, 首次给出了可视化的定义。由于从视觉获得的感性知识总会导致思维的

必然性和理性认识的重要性, 本定义把因视觉感知引发的思维联想和认知收获纳入可视化的定义中, 从而使本定义既满足数学规则又符合认知实际, 这是一个创新。由于人的大脑中的思想的看不见摸不着无形的特点及信息交流在人类社会中非常频繁和不可或缺, 本文定义了信息显化概念。信息显化是无形信息可视化最普遍和广泛应用形式, 是信息交流的巨大通道。地图具有表达其空间特征及其关系, 存储空间信息, 解释空间现象, 揭示空间规律, 传播空间知识的强大功能, 而地图形象是读者理解地图的基础, 地图形象的获得与可视化密切相关。地图信息传输过程, 处处离不开可视化。本文从地理信息获取、地图表示中的无形信息可视化、超大实体的可视化、演化极慢的板块运动现象的可视化、恒常性地物演化的可视化等方面进行了阐释。其中的每一个环节, 其空间认知对象、认知环境、认知目的及认知成果都各有不同, 但所有事例都是可视化定义的实际应用。

基金项目

国家自然科学基金项目(41671459, 42071135); 广西科技基地人才专项(桂科 AD19110142)。

参考文献

- [1] 李述一. 理想世界的创造[M]. 北京: 人民出版社, 1988.
- [2] 胡鹏, 游涟, 杨传勇, 等. 地图代数[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002.
- [3] 祝国瑞. 地图学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.
- [4] 章炯民, 陶增乐, 柳银萍, 等. 离散数学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2009.
- [5] 谷超豪. 数学词典[M]. 上海: 上海辞书出版社, 1992: 121.
- [6] [英]约翰·格里宾(John Gribbin), 玛丽·格里宾(Mary Gribbin). 改变世界的 100 个实验[M]. 丛琳, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2019: 18.
- [7] 张春兴. 现代心理学[M]. 上海: 上海人民出版社, 2016: 79.
- [8] 钟业勋, 吴忠性, 冯可君. 地图色彩的度量研究[M]//中国测绘学会地图制图专业委员会, 中国地图出版社地图科学研究所. 中国地图学年鉴, 1991 卷. 北京: 地图出版社, 1993: 15-16.
- [9] 刘金铭. 心理学[M]. 北京: 中国三峡出版社, 1999: 20, 61.
- [10] 蒋卫东. 形象思维学原理与应用[M]. 南京: 南京大学出版社, 2022: 379.
- [11] 张铁声. 相似·同构·认知[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995: 89.
- [12] 李孝传, 陈玉清. 一般拓扑学导引[M]. 北京: 高等教育出版社, 1982: 13.
- [13] 程吉树, 陈水利. 点集拓扑学[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [14] 齐振海. 认识论新论[M]. 上海: 上海人民出版社, 1988: 94-102.
- [15] 艾朝阳. 语言边界论[D]: [博士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2016.
- [16] 《新华汉语词典》编委会. 新华汉语词典(最新修订版) [M]. 北京: 商务印书馆, 2019: 1033.
- [17] [美]阿尔伯特·爱因斯坦. 相对论[M]. 重庆: 重庆出版社, 2009.
- [18] [英]斯蒂芬·霍金, 原著. 王宇琨, 董志道, 编著. 图解时间简史[M]. 北京: 北京联合出版公司, 2013.
- [19] [英]科林·斯图尔特(Colin Stuart). 100 个奇妙的物理知识[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2016.
- [20] 钟业勋, 胡宝清. 物质存在的时空条件和事物演化的数学模型[J]. 玉林师范学院学报, 2013, 34(5): 144-148.
- [21] 钟业勋, 胡宝清. 物质“存在”和“演化”的数学模型及其在地球科学中的体现[J]. 地球科学期刊, 2014, 4(1): 11-16.
- [22] 任中原. 科学探秘大合集[M]. 北京: 中国华侨出版社, 2011.
- [23] 韦清嫒, 钟业勋, 胡宝清, 吴丽芳. 地物物理量的度量模型及其应用[J]. 桂林理工大学学报, 2015, 35(1): 117-120.
- [24] 高潮, 甘华明, 等. 高新科技[M]. 北京: 中国国际广播出版社, 2001.
- [25] [美]卡尔文·S·霍尔, 弗农·J·诺尔贝. 心理学家及其概念指南[M]. 北京: 商务印书馆, 1998.

- [26] 钟业勋, 聂鸿猷. 比较过程理论结构模型初探[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1996, 21(2): 163-166.
- [27] 钟业勋, 胡宝清. 地图空间认知过程的理论阐释[J]. 桂林理工大学学报, 2013, 33(2): 307-311.
- [28] 张光鉴. 相似论[M]/钱学森. 关于思维科学. 上海: 上海人民出版社, 1986.
- [29] 张相轮, 凌继尧. 科学技术之光[M]. 北京: 人民出版社, 1986.
- [30] 张三慧编著. 大学物理学简程(上册) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2010.
- [31] 钟业勋, 王雯, 翟国君, 等. 基于相对论的宇宙演化的科学阐释[J]. 现代物理, 2023, 13(4): 71-77.
- [32] 周昌忠. 科学思维学[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [33] 钟业勋, 金立新, 叶彤, 等. 基于物质空间到认知空间映射的思维创新阐释[J]. 南宁师范大学学报, 2020, 37(3): 44-50.
- [34] 边馥苓, 王金鑫. 现实空间、思维空间、虚拟空间——关于人类生存空间的哲学思考[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2003, 28(1): 4-8.
- [35] 钟业勋, 李占元. 地图数学定义的研究[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1997, 22(2): 132-135.
- [36] 钟业勋, 边少锋, 胡宝清, 李松林. 主体观念模型修改完善的数学模型[J]. 测绘科学, 2020, 45(10): 198-202.
- [37] 郭仁忠, 应申. 论 ICT 时代的地图学复兴[J]. 测绘学报, 2017, 46(10): 1274-1283.
- [38] [苏联]A·M·别尔良特. 地图-地理学的第二语言[M]. 李建新, 侯存治, 译, 徐省三, 校. 北京: 中国地图出版社, 1991.
- [39] 高俊. 地图空间认知和认知地图学[M]/高俊. 地图学寻迹. 北京: 测绘出版社, 2012.
- [40] 宁津生, 陈俊勇, 李德仁, 等. 测绘学概论[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2006.
- [41] 钟业勋, 胡宝清. 数理地图学[M]. 第 2 版. 北京: 测绘出版社, 2017.
- [42] 李晓勇, 钟业勋, 边少锋, 等. 基于布尔代数的地图符号修正的数学模型[J]. 测绘科学技术, 2022, 10(2): 36-42.
- [43] 张瑞辰, 钟业勋, 胡宝清, 等. 地图比例尺定义及多比例尺地图覆盖的拓扑学原理[J]. 黑龙江工程学院学报, 2017, 31(5): 17-20.
- [44] 钟业勋, 童新华, 韦清嫒, 刘润东. 地图投影的拓扑学原理[J]. 桂林理工大学学报, 2014, 34(3): 296-300.
- [45] A·H·罗宾逊, R·D·塞尔, J·L·莫里逊, 等, 著. 地图学原理[M]. 第 5 版. 李道义, 刘耀珍, 译, 高俊, 校. 北京: 测绘出版社, 1989.
- [46] 廖克. 现代地图学[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [47] 钟业勋, 胡宝清, 郑红波. 地图符号的基本结构和功能[J]. 桂林理工大学学报, 2011, 31(3): 229-232.
- [48] 钟业勋, 朱重光, 童新华, 韦清嫒. 地图可视化与地图学概念的相关性研究[J]. 玉林师范学院学报, 2012, 33(2): 146-149. 153.
- [49] 刘本培, 蔡运龙. 地球科学导论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [50] 金胜春. 漂移的大陆[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000.
- [51] 葛能全. 科学技术发现发明纵览[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [52] [英]A·G·史密斯, J·G·布里登. 中生代及新生代古大陆图[M]. 郑理珍, 钟业勋, 译, 赵淑梅, 校. 北京: 地质出版社, 1980.
- [53] 廖克. 中国地图学发展的回顾与展望[J]. 测绘学报, 2017, 46(10): 1517-1525.
- [54] 方宇菲, 杨静帆, 张文清, 杨君琳. 北斗卫星导航系统国际化应用总体策略研究[J]. 中国工程科学, 2023, 25(2): 22-30.
- [55] 钟业勋, 胡宝清, 栾俊, 叶彤. 基于地物消长零和律的地物演化机制[J]. 广西大学学报, 2021, 46(2): 509-516.
- [56] 钟业勋, 王家耀, 胡宝清. 基于恒定空间的地物演化规律[J]. 黑龙江工程学院学报(自然科学版), 2015, 29(6): 1-4, 14.
- [57] 宁津生, 王正涛. 从测绘学向地理空间信息学演变历程[J]. 测绘学报, 2017, 46(10): 1213-1218.
- [58] 蒋捷, 吴华意, 黄蔚. 国家基础地理信息公共服务平台“天地图”的关键技术与工程实践[J]. 测绘学报, 2017, 46(10): 1663-1671.
- [59] 喻沧, 廖克. 中国地图学史[M]. 北京: 测绘出版社, 2010.

- [60] 汪信砚. 科学价值论[M]. 桂林: 广西师范大学出版社, 1996.
- [61] 陈述彭. 信息流与地图学[M]//中国测绘学会地图制图专业委员会, 中国地图出版社地图科学研究所. 中国地图学年鉴, 1991 卷. 北京: 地图出版社, 1991.
- [62] 吴丽芳, 胡佳莹, 钟业勋, 冯春梅. 读书与科技创新的相关性研究[J]. 求知导刊, 2017(13): 145-148.