

地理信息系统

Micheal F. Goodchild

一、地理信息科学 美国环境系统研究所所长杰克·邓觉萌 (Jack Dangermond) 于1986年在西雅图召开的“第二届空间数据处理的国际讨论会”上致词时认为：“地理信息系统现在显然已不再是一门新的科学，而是一门需要拥有一个庞大的科学知识库的技术，这个知识库将提供给系统的多种数据管理功能使用。”由于地理信息系统产业的发展以及地理学将愈来愈多的研究课题引入地理信息系统，因而现在对邓觉萌提出的“庞大的科学知识库”的意义也理解得日益清楚了。为了有效地利用包括地理信息系统 (GIS)、遥感、自动制图和摄影测量在内的空间数据处理技术，就需要对地理信息的性质特点以及地理信息的编辑、存贮和使用中所涉及的一些问题都有透彻的理解。处理空间数据的一些技术问题在过去的几年中已获解决，因此现在愈来愈多的地理信息系统研究单位已转而注意与这门技术有关的一般问题。从某种程度上说，急需对更好和更有效地应用GIS这一技术时的障碍进行很好的研究，这是一个具有实际意义的研究方向。另一方面，地理信息的许多重要问题都与人才本身的素质有关，这在数字技术诞生之前的很长时间内都是如此。例如，最近开展的数字综合的研究工作只不过是地图学领域中长期存在的问题重新获得转机而已，这就是GIS对地图学的新的推动，并以新技术为地图学开辟了更广阔的研究领域。

在过去数年中出版成文的各种GIS研究计划，都含蓄地试图划定地理信息科学的研究范围。美国“国家地理信息分析中心” (NCGIA) 的研究计划在某种程度上是以“国家科学基金”所限的五个研究领域为基础的：①空间分析与空间统计；②空间关系理论；③人工智能和专家系统；④视觉化；⑤社会的、公共机构的与经济问题。有人认为GIS的应用，尤其是支持科学研究方面的应用，受到一系列因素的阻碍，包括技术本身存在的问题，以及对这种技术影响组织体制缺乏了解等等。“城市与区域信息系统协会” (URISA) 的研究计划与上述五项大体一致，只是更侧重于社会的、公共事业机构与经济问题方面GIS的应用。在英国，“自然环境研究会” (NERC) 和“经济与社会研究委员会” (ESRC) 已为一项有关地理数据处理的联合研究项目提供了基金，并且后者的“区域研究实验室”也正致力于类似的研究课题。

我在1990年曾提出了地理信息科学的九个研究领域：①数据采集与量算；②空间统计；③数据模型化；④数据结构与索引；⑤算法与程序；⑥空间数据显示；⑦分析方法；⑧决策理论和风险分析；⑨推理与判别。只有在第八项“决策理论与风险分析”的研究中，空间线索是否清晰似乎还存在很多疑问——难道空间决策理论真的有别于其他任何一种决策理论吗？在其它8个研究领域中地理学显然提供了一系列独特的课题。

在上述的其余8个领域中，地理学作为一门学科，似乎更应当说与数据模型化，分析工

近表层和淹没的森林树种产生极为严重的影响：残留下来的柳树林和桤木丛逐渐消失，取而代之的则是硬木树种。为了整治伯雷、布雷尼埃—科尔东或阿尔萨斯里诺，修建了横向岩坎提高了含水层，对农业和林业有利，但是损害了水流环境的生态质量。

跃辉摘译自《Ann, geogr.》, 1991年第561—562

具及推理和判别的研究有更多的关联，而制图学则与显示的研究关系更密切。“数据模型化”正成为GIS中或许是最重要的课题脱颖而出，用于解决如何以孤立的有限的机械反映地理世界的无限复杂性的问题。适当地选择数据模型依赖于对地理现象的特性及其动态演化过程的深入了解。仅以地形高程为例，现有的数据模型就包括了国防部地球模型（DEM）、TIN、以及等高线模型等。过去模型的选择是因技术不成熟而受到限制，而今GIS的长足发展，可以使数据模型建立在对研究对象充分认识的基础上，而模型的选择也清楚地体现了这种认识。1990年3月，在英国列斯特大学召开的“GIS设计模型与功能”会议上，与会者提出了大量此类的问题。

二、标准化问题 随着GIS的研究日臻成熟，对标准化的要求也不断提高，目的在于使系统间的数据得以更多的交换，并减少专业术语上的混乱。有些名词因解释而声名狼藉，如：“layer”，“segment”，“data structure”，“topological”，“object-oriented”等。在某种程度上这种混乱是由该领域的多学科性引起的。数学上的拓扑结构有严格的定义，但是一个GIS专家若无数学训练也无法正确理解，而常常凭直觉猜测其涵义。

为了制定一套国家制图数据标准，由“美国地质调查局”（USGS）发起的一项长期的工作即将获得最终成果，该成果可与“国家技术与标准协会”（NIST）所颁标准相协调。这套标准试图使表述地理实体及其数学形式的专业术语以及数据转换格式都得以标准化。然而从GIS的角度来看，该标准并不完善，因其主要不是针对来自地理实体的数据库，而是针对从图件生成的数据库的标准化，即所谓制图标准。数据模型化的问题在于仅仅针对图形结构，而使其应用于地图。地图数据模型还要与绘图笔媲美，具有描绘恒宽线条的技术，并且具有通过视觉感知过程进行联系的设计。GIS则不然，它很少局限于数学模型，更关心精确的分析而非视觉感知。GIS的数据模型多种多样，但大多不协调或者不完善。尽管Intergraph的TIGRIS系统，IBM公司的GFIS系统和ESRI的ARC/INFO系统在公用市场上都很成功，但它们对数据模型化的处理却截然不同，反映了三者对地理现实的认识差异很大。看来我们距离任何数据模型标准还很遥远。不幸的是上述三家公司在市场上都占有可观的份额，这一事实可能阻碍了近期内形成任何标准化的数据模型。鉴于上述，也就可以理解为什么目前USGS、NIST等有关组织的研究重点还只放在数据格式的标准化上。

三、精度问题 GIS像一种精密的机械，一般按照7位或14位数的坐标精度工作。当输入一张有关县域人口密度或土壤类型分布的地图时，设想中这些属性将与相关区域精确而均匀地吻合。在通常的GIS应用中，三到四层要素经叠置后将能产生一种索引，也许会带来某些运行上的方便。然而对于合成要素图的地面较核——即选择一个确实具备各层次属性的地点进行对照——结果总是令人失望。问题出在源图本身就不精确——土壤类型的分布区域并不均匀，而且未能以清晰的转绘线分界。土壤图上的边界一向被称为“包围不同区域的实际并不存在的线条”，对于制图者来说，误差在某种程度上是难以避免的——用纸和笔很难描绘出土壤任何方式的连续变化，——有时候误差也无关紧要，因为地图只是给出空间变化的视觉印象，而非精确的清查记录。总之，制图质量和GIS的精度都是十分棘手的难题。

比较理想地，我们希望GIS的每一项成果都有一个可信度，基于对原始数据的误差和GIS操作过程中误差的传播的不解而得出的可信的程度。因此NCGIA已决定将首要的研究课题定为“空间数据的精度”。聚合、离散以及面积可变区域的影响，是人文地理研究中极为引人注目的研究领域，GIS的应用也将能为之提供一种更便于理解的研究方法。

假如空间数据处理中的精度问题是由数据处理系统的精度太高而引起的，那么合理的解

决办法之一将是降低系统的精度以适应数据的精度。事实上有些栅格系统中情况正是如此。达顿 (Dutton) 等学者都曾有此论述, 并提出了一种地球数据的镶嵌系统方案, 可以用一定分辨率的层次线索取代通常的坐标参照。

近年来人们对于空间数据处理过程中误差传播的研究已取得实质性的进展。纽科默 (Newcomer) 等人探讨过简单的逻辑叠置中误差的传播; 洛德威克 (Lodwick) 等学者还分析了加权叠置结果对于输入要素和权重的误差的敏感性; 阿比亚 (Arbia) 和海宁 (Haining) 则研究了栅格数据中一种普通的误差模型。然而叠置分析也许还只是基本的空间数据分析方法中最简单的一种, 人们还需进一步研究不确定目标的缓冲 (扩张) 影响, 以及数据模型相互转换的影响 (如栅格/矢量转换)。

如果传统的地图数据模型总是对数据的可靠性给出错误的描述, 也就难怪许多图件不能让使用者了解误差问题。研究数据质量标准, 对于更好地认识空间数据的可信度是极有意义的工作, 包括了对系统、相容性、全面性概念以及诸多统计学问题的研究。当GIS的使用者继续把空间数据用于和系统设计不符之目的时, 上述研究尤为重要。

四、新的应用 以一个日益繁荣的产业为后盾, GIS正不断地找到新的应用领域, 尤其是在社会科学的研究中。我和博蒙特 (Beaurmont) 等一些学者都讨论过GIS在市场运行研究中的应用模式; 特威格 (Twig) 则着眼于将GIS技术用于研究健康指标, 而当佐布劳 (Zubrow) 乐于提供他汇编的资料时, 艾伦 (Allen) 和格林 (Green) 将探讨GIS在考古学和人类学中的应用。

威金斯 (Wiggins) 等人的规划研究中, 包括了有关GIS应用的若干章节, 他还与弗伦奇 (French) 等一道分析了GIS技术在行业间的推广。库考尔莉丝 (Couclelis) 在1989年就曾探讨了规划过程中不同层次的信息提取上GIS的应用情况。她发现当前的一代地理信息系统采用的是“容器式”的空间观念, 这对于低层次的自然规划较为实用, 但目前非常缺乏更为相对的, 基于要素相互作用的空间观念, 而这是高层次的信息提取所必需的。

五、新的数据模型 置于现行的GIS中的数据模型, 大都以图件为基础, 能使图上信息易于获取而建立数据库。矢量模型将空间视为点、线、面的集合, 并规定了它们的位置和属性; 栅格模型则规定在指定要素的矩阵中每一格出现什么。在视觉上和图像上二者均有大量共同之处。但若作为描述实际地理差异的基础, 它们都很不完善, 因为二者与地图的容量尚有差异。模型是静态的, 世界是动态的, 而且这两种二维的模型也难以反映人类在定义事物时的倾向性, 此时人们往往并不依据事物在任一特定比例尺下的实际形式。

关于时序空间数据的模型化, 兰格拉 (Langran) 等人已深入讨论过。从计算机科学的角度来看, 一个数据库是由特定时段的、离散的特定事物构成的; 而从地理学的角度, 事物通常可以阐明但极少限定, 可能随时间运动变化。尽管数据库可以解释事物随时间简单地出现或消失, 但地理事件通常要复杂得多, 对其进行描述首先要解决数据模型化这一基本问题。

雷珀 (Raper) 曾在1989年将一些有关三维现象模型化的论文收集成极有价值的论文集, 北约组织发起的关于这一论题的会议也于1989年11月在加州蒙特斯塔召开。至今机助制图中已有三维模型化所必须的软件, 硬件也正迅速发展。现在用1万美元就可以买到能描绘和表现每秒由多达 10^4 个多边形面定义的复杂物体的系统软件。但要将这些技术实际应用于地理科学, 还面临很多难题。尽管在诸如海洋学、陆地水文学中已有能建立特定要素三维网络的系统, 但又常遇到数据缺乏的问题——地理学家恰恰无法提供三维数据集合用于视觉化。由于在三维情况下没有类似于地图的资料, 因而一直无法编辑数据集合, 所以要有效地利用这种

南极冰岩芯的证据说明最近积雪量增加

V. I. 莫根等

目前,对南极冰盖物质平衡的了解有许多不确定因素,这是因为缺少外流冰和雪积累速率两方面的资料。根据目前资料估计,外流冰量和雪的净积累量大致相等,约为每年 2000 km^3 冰(相当于6毫米海平面)。冰雪积累速率的短期变化是确定物质平衡的关键问题,因为随着气候的短时变化,冰雪积累可发生急剧变化,而冰流的变化只能在较长的时间尺度上反映出来。这里我们给出的是1806年以来沿东南极一个长700公里地段的净积雪速率的时序变化。冰雪积累记录是根据冰岩芯中年层的厚度,并且以氧同位素比值的季节变化和冰壳层理的季节变化换算的。我们发现在1960年前后,冰雪积累速率达最小值之后曾经有一次明显增加,导致近期的积累速率超过了长期平均值,达到20%。如果这种近期的增加是广泛分布的,正如南极大部分地区短期积累资料所表示的那样,那么这种正向不平衡(物质输入达5—25%)可能只出现在60年代末期以后。我们估计这种积累率的增加将导致海平面年下降1—1.2毫米。

本项研究记录来自南极威尔克斯地海岸带的4个冰岩芯,钻孔位置距海岸100—300公里。DSS和DE08孔位相距18公里,二孔均靠近高积累带的Law冰穹附近。1978—1987年来DSS和DE08孔的平均积雪量分别是每年每平方米570公斤和1160公斤。另两个孔GD03和GD15地占在东南极内陆冰盖上,此处属中等积累区,1978—1987年平均积累量分别为每年每平方

技术尚需时日。看来,我们需要一种三维的GIS,不是用于分析,而是用于根据现有的各种数据建立三维结构的数据模型。

六、空间判别 如果把GIS比作客观世界的一个窗口,可以使使用者发现并认识地理实体,则空间判别问题显然应是地理信息科学研究的组成部分。目前许多学者正在研究探讨的问题包括:怎样才能改善目前尤显粗陋的GIS用户界面的设计?如何提高对人类空间认识和推理过程的模仿水平?有没有可能设计出合乎规律的语言界面,以准确地解译位置介词?等等。空间关系语言已成为(NCGIA)第二项研究开始的主题,和一个1990年6月在西班牙召开的北约组织提供基金的研讨会的主要议题。

七、结语 正如我们一开始就提到的,GIS研究的发展趋势目前已超出了技术本身,而趋向解决超越于技术之上的地理信息的一般问题。成熟的系统已使人们能观察更大的图像,也认识到邓觉蒙所说的“庞大的科学知识库”的重要性。同时GIS的研究仍十分依赖于GIS产业的健康发展。研究成果所需的补充更新,也必须在由革新者的坚定潮流推动下的兴旺的产业保证下,才能最好地实现。

阿伯勒(Abler)曾把GIS形容为地理研究中极其重要的工具,“……是望远镜,是显微镜,是计算机与区域分析综合技术的复印机”。有关地理信息科学的争议显示了一种更基本的关联,提出了构成地理学基础并与我们对周围地理世界的认识紧密联系的一系列学术议题。在诸如精度、用户界面设计之类的研究领域中,很显然GIS技术的发展正导致对于旧的设想和实践进行极为必要的重新评价。

张屏译自《Progress in human geography》1991, 15(2)