

全空间地理信息系统展望

周成虎

(中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息系统国家重点实验室,北京 100101)

摘要:地理信息系统作为一门空间科学,以其独特的空间观点和空间思维,从空间相互联系和相互作用出发,揭示各种事物与现象的空间分布特征和动态变化规律。本文从地理信息系统所研究的空间对象出发,对地理信息系统发展新方向提出思考:①从地球空间拓展到宇宙空间,需要构建宇心坐标系和宇宙GIS、月球GIS等;②从室外空间延伸到室内空间,需要发展室内GIS,并拓展到水下空间和地下空间;③从宏观到微观空间,可以发展面向游戏的体育GIS、面向生命健康管理的人体GIS等;④面向大数据时代,发展大数据空间解析的理论和方法,贡献于大数据科学的发展。

关键词:地理信息系统;宇宙GIS;室内GIS;人体GIS;体育竞技GIS

经过50多年的发展,地理信息系统已经发展成为包括地理信息科学、地理信息技术和地理信息应用的综合高技术领域,在资源与环境、灾害与应急响应、经济与社会发展、卫生与生命健康、规划与区域设计等领域得到广泛应用,成为当今信息社会不可或缺的重要组成部分。面对移动互联、大数据和云计算等新一代IT科学技术发展潮流,地理信息系统的发展面临新的战略机遇和挑战。本文从地理信息系统的空间思维视角出发,畅想GIS拓展的领域,思索其中的关键科学与技术问题,构建无所不在的GIS世界。

1 从地球空间到宇宙空间

传统GIS主要研究地球表层系统,关注的是与人类生产生活密切相关的地表空间,以地理科学、测绘科学为主要学科基础,并广泛使用信息技术。随着GIS应用的不断深入,大气科学、海洋科学、环境科学、地质学等地球科学的分支学科也逐步应用GIS作为一种技术手段,处理和分析复杂的空间数据,并进行制图。在医学领域,GIS则被广泛用于发现环境与生命健康的关系,如癌症与环境污染关系、儿童先天出生缺陷与自然环境背景关系等。在

犯罪学领域,GIS用于分析犯罪的环境特征、追索犯罪的时空线索等。这些应用促进了地理信息系统相关分支领域的发展,如交通GIS、城市GIS、土地GIS等等。地理信息系统在地球科学领域的深化应用,推动了地理信息系统的理论方法从二维平面空间拓展到了以地心坐标系为基础的三维地球空间。面向未“来地球”计划,地理信息系统需要在空间分析模型基础上,进一步发展各种动力过程模型,耦合地球系统模拟器,实现数据驱动与模型驱动的双重模型系统。

在上述应用发展的同时,地理信息系统作为一门独立的学科方向也被提出,地理信息科学的理论研究得到重视。地理信息的本体理论、统一时空框架、地球信息机理、时空数据分析模型等成为核心研究内容。地理信息科学理论和方法技术的发展,又进一步促进了地理信息系统应用的发展,特别是在生命科学、社会科学、空间科学领域的应用深化。

地理信息系统在空间科学的应用需要我们建立新的空间坐标系统,特别是随着深空探测的不断发展,从月球到火星再到更远更深的星球,我们所面对的是一个广袤的宇宙空间,构建面向宇宙空间的宇心坐标系,发展宇宙空间的分析方法,建立宇宙地理信息系统(Universal GIS)将是现代GIS发展

收稿日期:2015-02;修订日期:2015-02。

基金项目:国家自然科学基金项目(41171307)。

作者简介:周成虎(1964-),男,江苏淮安人,中国科学院院士,主要从事地理信息系统研究,E-mail: zhouch@lreis.ac.cn。

引用格式:周成虎. 2015. 全空间地理信息系统展望[J]. 地理科学进展, 34(2): 129-131. [Zhou C H. 2015. Prospects on pan-spatial information system[J]. Progress in Geography, 34(2): 129-131. DOI: 10.11820/dlkxjz.2015.02.001

一个前沿方向。例如,嫦娥探月工程飞绕月球,获取了全月球高分辨率的月面遥感影像,并得到月球表面的数字高程模型。为了实施登月,需要利用地理信息系统的空间选址功能,结合嫦娥飞行轨道特征,优选着陆地点。因此,应参照地理信息系统在地球上的构建体系,构建一个基于月心坐标系的月球地理信息系统(Moon GIS),系统地管理月面的月壤、岩石等要素数据,分析月坑、月海等空间分布特征,探索月球演化的机理,模拟其演化过程。

2 从室外空间到室内空间

天空地海一体化的综合对地观测系统发展使得人类实现了对地球表层系统、大气系统和海洋系统的动态、精细观测,“透明地球”计划的实施也使得我们对固体地球有了进一步的认识。现代地理信息系统借助于空间分析能力,在这些以开放的室外空间为共同特征的应用领域取得了长足的发展,凸显了地理信息系统的空间视角的科学特色。

现代移动通信、移动定位、移动互联网的发展,使地球上的一切事、物、人密切地联系在一起,形成了一个“人机物”混合的三元世界。地理信息系统则需要关注人类80%时间所依存的各种小型室内空间,需要建立室内空间表达的数据模型,发展各种面向室内空间问题的分析方法,构建面向室内精细物件管理的软件系统,并实现与室外地理信息系统的互联互通。因此,室内GIS(Indoor GIS)或微空间GIS应成为现代地理信息系统重要发展方向。利用室内GIS技术,可以将地球上每一栋建筑、每一所房子联系起来,实现对室内空间的精细管理。例如,为了保障公共安全,我们需要对医院、大型商场与超市、能源基地与核电厂等重点场所实现管理,通过和建筑信息管理系统(BIM)的融合,实现对各种物件的管理;通过地理信息系统的空间拓扑模型,实现对各种室内空间的关联处理;通过模型嵌入,实现对室内空间安全管理、应急处置方案等分析模拟。又如,面向商业服务,将室内定位与室内GIS集成,通过地理围栏技术,可以将商场的商品信息与穿行的人流关联起来,实现商品的促销和精准营销。将每一栋楼和每一个房间管理起来,将是一项艰巨而重要的任务。如当前中国不动资产的登记和管理就对Indoor GIS提出了巨大需求。

在室内GIS发展的基础上,可以进一步拓展到对地下空间、水下空间的管理。地下空间分为开放型地下空间(如地下商场、地铁通道)与密闭型地下

空间(如成矿体、储油体)。水下空间的基本特征是密闭、流动的水介质。现代城市的快速发展,对地下空间的利用提出了巨大需求,而地下设施安全管理与防范等,相对地面空间要难得多。因此,面向地下空间管理的GIS研究和具有重大的现实意义。随着中国对海洋资源开发利用需求的提高,海洋经济和海防安全等对发展海洋GIS提出了战略需求,水下空间管理则是其发展的基石。

3 从宏观空间到微观空间

现代GIS所应用的范围主要集中于低速运动的宏观空间,基本上服从于牛顿力学规律。但作为一门空间科学,或一种空间思维体系,现代GIS同样可以推广应用到小尺度、甚至是微型空间,如人体空间、体育竞技场空间。当前,地理信息系统与生命科学的交叉融合,使得面向人体管理、生命微循环等现象与问题可以利用GIS来描述、分析和模拟。由此,人体地理信息系统(Human GIS)应该成为发展方向。

人体地理信息系统的空间坐标系是由一个主坐标系和若干局部坐标系构成的综合坐标系。在此三维坐标系下,以人体解剖理论为指导,采用面向对象的方法,将人体分解为若干具有独立功能的机体,每一个功能机体可以进一步分解为若干子部分,从而可以构建一个数字人体;以东方人体经络理论和西方人体微循环理论为指导,构建各功能机体的有机联系,从而建立人体循环系统。在此基础上,可以将日常体检和医疗检查的各种资料集成,形成一个完整的人体健康数据系统,为身体健康诊断和治疗方案的制定等提供较为系统的科学数据支撑。建立每一个人的人体GIS系统,将是一项巨大而长远的任务。

足球、篮球、排球等体育竞技场空间是一个在有限时空范畴内人与人高度交互的空间,可以将GIS的空间观点用于描述和模拟这些竞技运动,发展体育竞技GIS系统(Sports GIS),服务于体育训练和体育游戏活动。

4 从小数据到大数据

地理信息系统是一门处理和分析空间数据的学科。社交网、传感网与综合观测系统等的发展,使得当代社会进入了大数据时代,大数据挖掘与知识发现成为现代科学技术的前沿发展方向,地理信

息系统的发展正面临大数据时代的发展机遇和新的挑战。

发展大数据的空间解析理论与方法是地理信息系统研究前沿方向。大数据空间解析的核心思想是充分利用大数据中所包含的显性或隐性空间位置特征信息,通过多元空间的统一表达和大数据的空间化重构,实现大数据的空间映射,进而可在统一时空体系下分析大数据中所隐含的模式和发现新知识,从而建立起基于空间分析原理的大数据分析理论方法。具体研究可以包括以下5个方面。

(1) 在理论分析方面,着力研究物理空间、人类经济社会空间以及信息空间的本质及其可能的相互映射关系,构建多元空间协同表达与统一时空基准,归一化具有多元、多尺度、多语义、多模态等特征的大数据,形成大数据的空间协同表达和可靠性评价方法。

(2) 在大数据的整体空间统计特征分析方面,发展大数据区域总量估算的空间采样和样本评价模型,构建样本大小与样本质量的关系模式。探索样本估计中的误差传递,寻找样本大小和样本质量间的阈值,讨论样本质量对区域总量估计精度的影响。以随机分布和正态分布为例,从理论推导结果中比较加入“污染”样本前后的均值、方差和平均方差等统计量,讨论“污染”样本的样本量和误差大小对样本估计的影响。然后,以模拟数据为基础验证

所构建的模型,并结合实际时空要素地理场数据开展试验。

(3) 在时空地理要素数据场分析方面,发展大数据的时空关联和陆地表层曲面模型。识别多元空间体系下的时空关联关键性因子,构建地理系统认知体系,将大数据区分为空间平稳和空间非平稳两种类型,形成区域参量空间分布模式,建立相应的时空算法库,发展高效的批处理模型。

(4) 在网络数据分析方面,发展大数据的异构时空轨迹的表达模型和距离测度。异构时空轨迹的表达模型主要解决离散时空轨迹、路网轨迹和连续场等空间测度下轨迹的表达和索引模型。在此基础上,研究不同测度空间下轨迹距离的定义、异构测度空间的轨迹相似性度量指标,以及轨迹间的时空分析和挖掘(缓冲区、轨迹的平行以及轨迹的时空邻近、聚合、分离等关系)模型。结合城市人流、物流移动时空轨迹等实际数据进行验证、分析和检验。

(5) 在大数据空间解析技术方面,研发基于高性能计算系统的地理空间大数据空间解析平台,包括高性能地理计算并行算法库,如大数据区域总量估计和空间分布,高性能轨迹的时空分析和挖掘;地理系统高性能地理系统模拟模型库,如时空数据场的特征参量计算模型和陆地表层系统模拟模型。构建城市动力特征计算、海洋时空数据关联分析和多源遥感数据计算等实际应用的原型系统。

Prospects on pan-spatial information system

ZHOU Chenghu

(State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: As a spatial science, Geographical Information System (GIS) is characterized by its distinctive spatial thinking and perspectives. With a focus on spatial interrelations and interactions, GIS can be used to reveal the spatial distribution patterns and dynamic changes of objects, events, and phenomena. This article outlines the future prospects of the development of GIS based on the understanding of the spatial objects that it studies. Universal GIS with universal coordinate system will be developed when the study objects is the universe. Indoor GIS is to be studied and developed in case that GIS is applied to the indoor space where we spend about 80% of our time. GISs for underground and aqua-spaces also need to be developed since our activities have extended into solid earth such as shopping malls in subway stations and open water such as marine fishery. GIS is also useful when we deal with spatial issues involving micro-scale spaces such as sport fields or human body, therefore human GIS and sports GIS that describes and models sports activities will come into being. The coming of age of big data has created a new opportunity for the development of GIS. Spatial thinking and analysis will contribute greatly to the resolution of big data mining, even big data science.

Key words: geographical information system; universal GIS; indoor GIS; human GIS; sports GIS