

引用格式: 华一新, 周成虎. 面向全空间信息系统的多粒度时空对象数据模型描述框架[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(9): 1142-1149. [Hua Y X, Zhou C H. 2017. Description frame of data model of multi-granularity spatio-temporal object for Pan-spatial Information System. Journal of Geo-information Science, 19(9): 1142-1149.] DOI:10.3724/SP.J.1047.2017.01142

面向全空间信息系统的多粒度时空对象数据模型描述框架

华一新¹, 周成虎²

1. 解放军信息工程大学 地理空间信息学院, 郑州 450052;
2. 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

Description Frame of Data Model of Multi-granularity Spatio-temporal Object for Pan-spatial Information System

HUA Yixin^{1*} and ZHOU Chenghu²

1. Institute of Geographic Space Information, The PLA Information Engineering University, Zhengzhou 450052, China
2. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China

Abstract: The pan-spatial information system (PSIS) is a spatial information system that describes dynamic and complicated world from micro to macro perspective. Its theory is based on data model of spatio-temporal objects of multi-granularity. In order to determine the specific content of spatio-temporal object model of multi-granularity, the basic framework for illustrating the characteristic of spatio-temporal object of multi-granularity is required. In order to model spatio-temporal object of multi-granularity practically, the modelling process for the data model of spatio-temporal object of multi-granularity is required. Firstly, we analyze the relation and difference between the pan-spatial information system and the traditional GIS from five aspects: data model, data management, visualization, spatial analysis and practical application. Then, we analyze the shortcomings of spatial data model of traditional GIS from six aspects: space category, dynamic change, complex relation, cognition and behavior, visualization technology and analysis of spatio-temporal big data. We also put forward seven characters of spatio-temporal object of multi-granularity: multi-granularity, multi-type, multi-modality, multi-reference system, multi-association, multi-dimensional dynamic and multi-autonomous. We define the descriptive framework of data model of spatio-temporal object of multi-granularity consisting of spatio-temporal reference, spatial location, spatial morphology, composition structure, association relation, cognitive ability, behavioral ability and attribute characteristics. Finally, we put forward the modeling process and the idea of data model of spatio-temporal object of multi-granularity on the basis of the analysis of the modeling process of spatial data model of traditional GIS.

Key words: pan-spatial information system; spatio-temporal objects of multi-granularity; spatio-temporal data model of multi-granularity; spatial data model; geographic information system; spatial information system

*Corresponding author: HUA Yixin, E-mail: chxyhyx@163.com

收稿日期 2017-05-03; 修回日期: 2017-08-03.

基金项目: 国家重点研发计划项目“全空间信息系统与智能设施管理”(2016YFB0502300)。

作者简介: 华一新(1963-), 男, 博士, 教授, 主要从事地理信息系统平台及其应用技术研究。E-mail: chxyhyx@163.com

摘要 全空间信息系统是一种面向从微观到宏观的动态复杂世界的空间信息系统,其理论基础是多粒度时空对象数据模型。为了确定多粒度时空对象数据模型的具体内容,需要确定描述多粒度时空对象特征的基本框架;为了开展多粒度时空对象的实际建模,需要明确多粒度时空对象数据模型的建模过程。为此,本文首先从数据模型、数据管理、可视化、空间分析和实际应用5个方面,分析了全空间信息系统与传统GIS的联系与区别,从空间范畴、动态变化、复杂关系、认知与行为、可视化技术、时空大数据分析6个方面,分析了传统GIS空间数据模型存在的不足;在此基础上,提出了多粒度时空对象的多粒度、多类型、多形态、多参照系、多元关联、多维动态、多能自主7个特点,确定了由时空参照、空间位置、空间形态、组成结构、关联关系、认知能力、行为能力和属性特征8项内容构成的多粒度时空对象数据模型描述框架;最后在分析了传统GIS空间数据模型建模过程的基础上,提出了多粒度时空对象数据模型的建模过程和思路。

关键词 全空间信息系统;多粒度时空对象;多粒度时空对象数据模型;空间数据模型;地理信息系统;空间信息系统

1 引言

传统地理信息系统(Geographic Information System, GIS)经过50多年的发展,建立了成熟的基础理论、应用平台和相关标准,在空间信息相关的专业应用领域和大众应用领域都取得了巨大的成功。随着云计算、大数据、人工智能、虚拟现实等信息技术的发展,空间信息的应用领域与应用模式、数据内容和数据种类、分析方法和展现方式等必须实现进一步发展和突破,才能满足信息化社会的需要。

文献[1]提出了全空间信息系统(Pan Spatial Information System, PSIS)的概念,提出了构建无所不在的空间信息系统的构想,为空间信息系统的进一步发展指明了方向。文献[2]进一步明确了全空间信息系统(PSIS)的基本概念和基本特征;提出了多粒度时空实体和时空对象的基本概念,明确了基于多粒度时空对象构建全空间信息系统(PSIS)的技术路线及其关键问题。

建立全空间信息系统的核心问题是:突破传统的GIS空间数据建模方法,构建面向全空间信息系统的新一代空间数据模型。而构建新一代空间数据模型需要明确多粒度时空对象数据模型的特点,并确定多粒度时空对象的具体内容。为此,本文从数据模型、数据管理、可视化、空间分析和实际应用等角度出发,分析了全空间信息系统与传统GIS的联系与区别;从空间范畴、动态变化、复杂关系、认知与行为、可视化技术、时空大数据分析等方面,分析了传统GIS空间数据模型存在的不足;提出了多粒度时空对象的多粒度、多类型、多形态、多参照系、多元关联、多维动态、多能自主7个特点,明确了多粒度时空对象数据模型的总体要求;确定了由时空参照、空间位置、空间形态、组成结构、关联关系、认知能力、行为能力和属性特征8项内容构成的多

粒度时空对象数据模型描述框架,为明确多粒度时空对象数据模型的具体内容奠定了基础;提出了多粒度时空对象数据模型建模的基本过程,为实现多粒度时空对象数据的生成提供了基本依据。

2 全空间信息系统与传统GIS比较

2.1 数据模型方面

传统GIS的数据模型是一种基于地图的数据模型,通过矢量/栅格/表面等数据模型实现地图要素的数字化描述,并将地图要素的空间(几何)特征数据和属性特征数据进行关联,以此方式将描述现实世界的地图装入计算机;全空间信息系统的数据模型是一种把现实世界抽象为多粒度时空实体的数据模型^[2],无需以地图作为中间模型,而是直接以数据、模型、规则、逻辑、知识等形式进行多粒度时空实体的描述,实现在信息空间(数据世界)中描述一个动态的现实世界的目的。因此,全空间信息系统数据模型与传统GIS数据模型相比,在内容和形式上都要复杂得多。传统GIS数据模型只是全空间信息系统数据模型的一种地图化描述形式。

2.2 数据管理方面

传统GIS主要以分类型、分尺度、分层、分块、分要素的方法进行空间数据的组织与管理,即根据地图的类型(如地形图、海图、航空图、影像图、专题图等)进行分类组织,对于每一种类型的地图进行分尺度(比例尺、分辨率等)组织,在此基础上进行地图要素的纵向分层和横向分块管理。全空间信息系统数据模型是一种对象化的数据模型,每一个时空对象具有全尺度、全类型、全动态、全属性等特征^[2],因此,需要以对象化的方式进行时空数据的组织与管理,并实现动态、复杂、关联的多粒度时空对象的生成、管理、索引、更新、联动等管理功能。为

此,需要以数据库与文件系统混搭的方式来建立对象化的时空数据库管理系统,实现对海量多粒度时空对象的有效组织和对每一个时空对象的各项特征信息的动态维护。传统GIS的空间数据组织方法及其海量、异构空间数据管理技术可以作为全空间信息系统时空数据管理的基础方法。

2.3 可视化表达方面

传统GIS的可视化是对地图要素构成的数字地图世界的可视化,基本的可视化方法是二维地图可视化,即地图要素的符号化表达;利用三维可视化技术,可以实现地形的2.5维显示,并可叠加显示地图、遥感影像和三维实体模型;目前的GIS二三维一体化显示,在二三维数据的管理、调度和显示上,仍然使用相对独立的软件模块来实现。全空间信息系统的可视化是对多粒度时空对象构成的全空间数据世界的可视化,基本的可视化方法是时空实体的可视化;由于多粒度时空对象不仅具有时空特征,而且具有认知和行为等特征,可以具有更丰富的可视化手段,AR/VR技术、交互式可视化技术等可以直接应用;由于全空间数据世界的信息量极为巨大,时空对象具有多粒度特征,需要提高可视化的效率,实现基于场景的可视化。传统GIS的可视化方法是全空间信息系统的可视化的基础,同时,在全空间数据模型转换为地图数据模型后,可以直接应用传统GIS的可视化方法。

2.4 空间分析方面

传统GIS的空间分析是以地理空间数据(地图数据、遥感影像数据、DEM数据、专题属性数据等)为基础的分析,主要包括地形分析、网络分析、叠置分析、缓冲区分析等,并可在此基础上构建更复杂的空间分析功能;由于很多类型的时空数据难以集成到传统GIS中,因此,复杂的空间分析,尤其是时空大数据分析,往往需要进行独立于GIS的数据组织和数据分析。全空间信息系统以多粒度时空实体进行现实世界的抽象和表达,与传统GIS的地图方式相比,拥有更宽泛(包括微观和宏观的各种时空实体)、更细化(需要描述时空对象的形态、关系、认知、行为等多的具体特征)、更动态(时空对象的形态、属性、关系、认知、行为等特征都会发生变化)、更多关联(包括结构关系、指挥关系、时空关系、行为关系等)的复杂时空数据。因此,空间分析的对象将更加复杂,空间分析的方法将更加多维,

空间分析的应用将更加广泛。时空大数据分析将是全空间信息系统的基本分析方法,传统GIS的空间分析方法将是全空间信息系统的基础分析方法。

2.5 实际应用方面

传统GIS在地理空间信息相关的领域中发挥了巨大作用,推动了整个社会的信息化进程。当前,人类对现实世界的空间认知已经从表面走向立体、由静态走向动态、由孤立走向关联、由被动走向主动、由观察走向交互等等,由于传统GIS的数字地图世界不能很好地描述动态、关联、三维、主动的现实世界,开始出现了不能满足应用需要的情况。例如,传统GIS不能描述时空实体(如车辆、流体等)的行为,不能描述时空实体(如人类、机器人等)的认知能力、对真三维模型的分析与可视化往往需要外挂其他系统、不能描述时空实体间的复杂关系及其强度和变化(如同学关系、指控关系、组织关系等)等等,因此难以通过GIS实现对现实世界及其变化的全面认知、动态模拟和精准预测。全空间信息系统将空间范畴扩展到了与空间位置相关的微观和宏观空间,应用领域(空间范畴)将更加宽泛;由于能够更直接、更细致、更动态、更关联地描述现实世界,将具有更强的时空数据接入、管理、分析和可视化能力,应用模式和应用效能将会有很大的提升;由于能够描述传统GIS难以描述的时空实体形态、行为、认知等方面的信息,将为智能化时空决策支持和模拟分析提供的手段和方法。

3 传统GIS空间数据模型分析

3.1 传统GIS空间数据模型建模过程

传统GIS空间数据模型是基于地图的矢量/栅格/表面数据模型^[3-8],且矢量空间数据模型是其基本数据模型。传统GIS以地图要素来描述现实地理世界中的地理实体,以点、线、面的矢量数据来描述地图要素,并以此方式将地图装入计算机。因此,传统GIS的空间数据模型构建过程就是数字地图世界的构建过程,如图1所示。

现实世界极其复杂,任何计算机构建的数字世界都不可能完整地对其进行描述。地理信息系统的描述对象是现实世界中与地理相关的部分,可以称为地理世界。地理世界仍然极其复杂,只有经过进一步的抽象,才能对其进行建模和描述。基于人

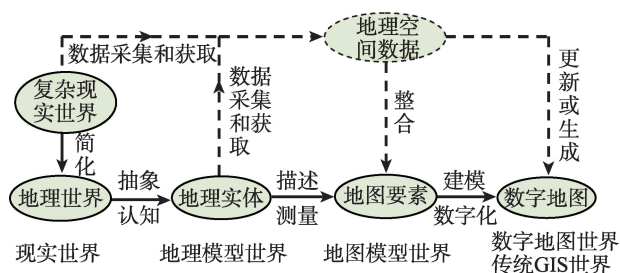


图1 传统GIS的空间数据模型构建过程

Fig. 1 The building process of the spatial data model of traditional GIS

类的空间认知方式,地理世界可以抽象为由地理实体构成的模型,即地理模型世界。地理实体通常指在现实世界中独立存在并可唯一标识的自然和人工地物,如某一幢房屋、某一条街道、某一块绿地等。

为了以地图的方式描述地理模型世界,需要对每个地理实体的空间位置和形态特征进行测量和描述。地理实体可以抽象为不同类型的地图要素,如居民地、水系、地形、地物、道路、植被、管网等;对于每个地图要素,需要测量其空间位置和空间形态的几何特征点坐标,并以点、线、面的形式进行描述;对每一个地图要素,用点、线、面地图符号进行基于空间位置的符号化表达,即可形成地图。

为了将地图装入计算机,即将地图模型世界转变成计算机中的GIS世界(数字地图世界),需要以矢量/栅格/表面模型对每个地图要素(地理实体)进行数字化建模,所有地图要素(地理实体)都描述为地理空间数据。

传统GIS以地图(地形图、影像图、专题图等)为主要数据源。随着地理空间数据采集与获取技术的发展,从地理模型世界或直接从现实世界中采集和获取数据的方式已广泛应用,如基于遥感影像、野外测量、卫星定位、空间数据库、专题数据库、物联网、互联网、志愿者等进行地理空间数据获取。为了使获得的各种地理空间数据融入传统GIS的数字地图世界,需要将其与地图要素进行整合以形成新的地图数据,或者直接用其更新或生成地理空间数据。

3.2 传统GIS空间数据模型的不足

传统GIS空间数据模型是一种基于地图的空间数据模型。随着空间信息系统应用领域和应用模式的扩展,传统GIS空间数据模型出现了不能满足要求的情况。

(1)难以满足空间范畴扩展的要求。传统GIS空间数据模型的建模对象是地图要素,而地图是三维现实世界在二维平面上的抽象和投影,适合于地球表面地理实体的抽象和描述。对于生活于地球表面的人类,地图及其基于地图的GIS可以满足大多数空间认知的需要。但当人类的空间认知需求拓展到地下、海中、空中、室内等三维世界,甚至拓展到微观和宏观的客观世界后,基于地图的GIS已难以满足要求。

(2)难以满足描述现实世界动态变化的要求。现实世界中实体的位置、结构、形态、关系、行为、属性等都是动态变化的,而地图本身的静态特征使得传统GIS空间数据模型难以描述动态的现实世界。当传统GIS需要获取和管理动态空间数据时(如实时获取和管理车辆的实时空间位置),往往需要进行额外的数据模型和数据结构设计。这种专门设计的数据模型和数据结构不具有通用性,难以适用于不同类型空间实体多维动态信息的获取、管理和应用。

(3)难以描述空间实体之间复杂动态的关联关系。传统GIS可以描述地图要素对象间的静态关系,包括基本空间位置关系(如相邻、相连、相交等)和简单属性特征关系(如区划关系、等级关系等),但对于空间实体之间动态变化的各种复杂关系(如组成与分解、个体与整体、下级与上级、老师与学生、接受与传播、执行与控制等),由于空间数据模型本身不涉及这些信息,所以缺乏描述、管理与应用的基础和机制。

(4)不能描述空间实体的自主认知和行为能力。地图固有的静态特征使得地图无法描述“活”的事物,因此传统GIS无法描述具有自主认知和行为能力的“活”的空间实体,如生命体、智能机器人等。当需要更真实地抽象和描述一个有成长性、自主性的现实世界的时候,以静态地图的方式抽象与描述地理实体的传统GIS的空间数据模型就不能适应了。

(5)限制了空间数据可视化技术的应用。传统GIS以地图作为空间数据可视化的模板,地图的分要素符号化方式,使得传统GIS在空间数据的符号化抽象表达、图层化显示控制等方面有着天然的优势,而在AR、VR等可视化技术应用方面却有很大的限制^[9]。传统GIS不能直接进行AR、VR等可视化数据的描述、采集、管理和应用,往往需要另建或

外挂其他数据模型,并建立与GIS平行的信息系统来应用这些可视化技术。

(6)难以满足时空大数据分析的需要。传统GIS将地理实体抽象为地图的地图要素,并使每个地图要素对象关联其属性特征数据,在此基础上实现了叠置分析、路径分析、地形分析等基本的空间分析功能,并且可以通过构建复杂空间分析模型来实现复杂的空间分析。但由于能够描述的地理实体的类型和信息非常有限,时空大数据往往无法关联到地图要素对象,因而无法对其进行获取、管理和应用。因此,传统GIS难以满足面向时空大数据的时空分析、深度学习、知识挖掘和决策支持等应用的需要。

总之,传统GIS以地图为模板的空间数据建模方法,在以地图为基础的空间数据管理、表达和应用等方面都有很好的适应性。但当空间信息的应用由地图空间发展到全空间时,传统GIS的空间数据模型已不能满足要求。

4 多粒度时空对象数据模型建模

4.1 多粒度时空对象数据模型的概念

文献[2]给出了实体、时空实体、多粒度时空实体、多粒度时空对象的基本概念。根据人类对现实世界的基本认知方式,把现实世界简化和抽象为由各种实体组成的现实世界的模型;为了突出描述和体现实体的时间特征和空间特征,将实体称为时空实体;为了描述和体现时空对象的多尺度特征,将时空实体称为多粒度时空实体;多粒度时空对象是在计算机构建的信息空间(数据世界)中对多粒度时空实体的具体描述。

将现实世界简化和抽象为多粒度时空对象的建模方式称为多粒度时空对象建模,所形成的模型称为多粒度时空对象数据模型。全空间信息系统就是对多粒度时空对象进行获取、处理、管理、分析、可视化的空间信息系统。与传统GIS的地图模型相比,多粒度时空对象数据模型具有以下特点:

(1)多粒度。不同的时空对象具有不同的尺度,随之具有不同的时空特征和属性特征,且可分解为更小粒度的时空对象和组合成更大尺度的时空对象。如城市、城市中的居民区、居民区中的房屋、房屋中的房间等是不同粒度的时空实体,根据研究问题的需要,太阳系、地球、陆地、森林、树木、

叶片、细胞等都可以是不同粒度的时空对象。

(2)多类型。多粒度时空对象能够抽象和描述现实世界中由固态、液态、气态、场等形式的物质构成的多种类型的事物和现象。通过实现对不同类型事物和现象的抽象和建模,解决传统GIS难以描述动态、复杂现实世界的问题。

(3)多形态。同一个时空对象在不同场景中可以展现为不同的形态,如房屋在二维、三维、不同时间、不同尺度时可以展现为不同的形态;同一个时空对象可以从多个侧面描述其形态,如平面图、三维模型、抽象符号、数学模型等。

(4)多参照系。多粒度时空对象需要有多个时空参照系来进行描述。在空间参照系方面,通常需要主参照系(描述应用场景)、父参照系(描述组成关系)、自参照(描述实体本身)和多元参照(描述实体之间的空间关系)。

(5)多元关联。多粒度时空对象具有组成与分解、个体与整体、下级与上级、老师与学生、接受与传播、执行与控制等属性关联、时空关联、行为关联等多种关联关系,且这些关系有其出现、发展、消亡的生命周期。

(6)多维动态。多粒度时空对象及其多维特征(包括位置、组成、关系、属性、形态、行为等)都是动态变化的,有的是随着时间变化而发生变化,有的是事件触发引起变化;有的是孤立出现的,有的是群体出现的;有的不产生相互影响,有的会产生连锁反应等。多粒度时空对象的所有特征都有可能随时间发生变化,因此,在描述每个特征时,都要允许时间信息的描述。

(7)多能自主。多粒度时空对象不仅可以被动地进行可视化显示和用于时空分析,部分时空对象本身还可以具有更多的能力,如自主获取信息、处理信息、传递信息、调整状态、移动位置、实施动作等自我控制能力。因此,多粒度时空对象数据模型可以描述智能汽车、智能机器人、智能设备、生物体等具有自主行为能力的实体。

4.2 多粒度时空对象数据模型的描述框架

为了构建多粒度时空对象数据模型,需要从以下几方面对多粒度时空对象进行描述,如图2所示。

(1)时空参照。包括时间参照和空间参照,用于准确描述时空对象的时空位置。时间参照系通常需要2个:主参照系,如北京时间,用于多个时空

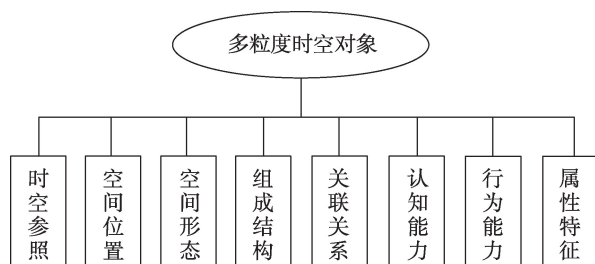


Fig. 2 Description frame of spatiotemporal data model of multi-granularity

对象时间特征的统一描述;自参照系,如以出厂或出生时间为参照,用于时空对象本身时间特征的描述;必要时还需要他参照系,用于描述不同时空实体间的时间关系。每个时空对象的空间参照系通常需要3个:主参照系,用于描述时空对象在整个空间场景中的空间位置,如基于某种通用坐标参照系(如CGCS2000)描述一栋楼的位置;父参照系,用于描述时空对象在父对象中的空间位置,当一个时空对象同时是多个对象的组成部分时,会有多个父坐标系;自参照系,用于描述时空对象的子对象的空间位置。

(2)空间位置。用于描述时空对象在不同空间参照系中的具体位置和方向。具体描述一个时空对象的空间位置时,可以将其自参照系原点在父参照系等其他参照系中的坐标值作为空间位置数据。但仅仅用一个三维坐标(X, Y, Z)来描述空间位置是不够的,还需要描述时空对象自参照系与父参照系之间的方向关系。时空对象空间位置的变化情况可形成时空对象的运动轨迹。

(3)空间形态。描述时空对象的形态特征和表现形式。时空实体在现实世界由固态、液态、气态、场等形式的物质构成不同的事物和现象,在不同时间、不同尺度、不同场景、不同应用时有不同的可视化表现形式。同一个时空对象往往需要用多种数据和模型进行不同侧面(如不同方向、不同主题、不同角度等)、不同精度(如概略、精细、抽象等)、不同形式(二维、三维、影像、建模等)的描述,如一个街区需要用不同精度和时刻的平面位置数据、多方位的摄影图片、多类型的遥感影像、街区三维模型等共同进行形态的描述。

(4)组成结构。描述时空对象之间部分与整体的构成关系,包括逻辑上的组成关系和空间上的结构关系。一个时空对象往往会其他(一个或多

个)时空对象(父对象)的组成部分,如一个摄像头,既是道路交通设施的一部分,又是城市监控系统的一部分。同样,一个时空对象往往由多个时空对象(子对象)组成,如一个办公室,由办公桌、办公椅、文件柜、计算机等组成。在描述时空对象的组成结构关系时,需要清晰描述时空对象间的从属关系和空间结构关系,而且需要注意关系的可变性。

(5)关联关系。描述时空对象之间的相互影响关系,如属性关联、空间关联、综合关联等关系。属性关联是指时空对象属性特征之间的关系,如上下级关系、指挥关系、同学关系等;空间关联是指因时空对象所处的空间位置而形成的关系,如相邻、相交、方位等关系;综合关联是指基于时空对象时间特征、空间特征、属性特征等形成的关系,如因果关系、聚类关系、共生关系等。其中,属性关联和空间关联是基本的关联关系。需要注意,不是所有的关系都可以通过计算获得,并且关联关系及其关联强度是会发生变化的。

(6)认知能力。描述时空对象所具有的知识,是时空对象自我控制和自主决策能力形成的基础。多粒度时空对象数据模型中时空对象的知识,主要包括与其能力和行为相关的知识,例如,时空对象获取信息、处理信息、理解信息、形成决策、操作控制、发布信息等方面的知识。知识体系和认知能力的具体描述方法可参考人工智能技术中的知识表达和知识推理方法。

(7)行为能力。描述时空对象可以实施的动作。多粒度时空对象的基本行为能力主要包括信息处理能力(如信息获取、分析、传输、发布等)和动作执行能力(如移动、转向、调焦等),有时还需要描述时空对象的特殊行为(如爆炸、射击、解体等)。在描述行为能力时,不仅要描述相关的各种参数(如车辆的运动速度等),而且要描述其控制方式(如无人机的操控等)。同时,时空对象行为的发起及其产生的后果往往与所处的环境(由其他时空对象组成)有密切的关系,即时空对象的行为往往不是孤立的。

(8)属性特征。描述时空对象的属性信息。多粒度时空对象数据模型以多粒度时空实体为描述对象,比起传统GIS的地图要素描述方式,可以承载和描述现实世界中更细化、更复杂、更高维的属性特征信息,可以形成基于多粒度时空对象的时空大数据。与传统GIS相比,多粒度时空对象的所有

属性特征都会发生动态变化。在全空间信息系统中,时空对象的生命周期信息是其重要的属性特征信息,是时空对象全生命周期管理的基础数据。

4.3 多粒度时空对象数据模型的建模思路

(1) 多粒度时空对象数据模型的建模过程

为了对无限复杂的现实世界进行简化,依据人类的基本认知,可以认为现实世界是由无限多的各类时空实体构成的;为了抽象和描述由时空实体构成的现实世界,需要把现实世界的时空实体抽象为多粒度模型世界中的多粒度时空实体;为了在计算机世界(信息空间)中描述和表达多粒度时空实体,需要对其进行数字化建模,从时空参照、空间位置、空间形态、组成结构、关联关系、认知能力、行为能力和属性特征8方面进行多粒度时空对象的描述;各种各类多粒度时空对象的集合就构成了全空间信息世界。

多粒度时空对象的特征数据来之于对现实世界中时空实体信息(包括数据、知识、模型等)的采集和获取,包括各种传感器获得的数据、各类统计数据、地理空间数据库的数据、各种实体模型的数据、来自于互联网的数据、各种相关的知识和数据模型等。将各种手段获得的时空数据与已有的多粒度时空实体数据进行关联与融合,可以不断丰富多粒度时空对象的数据内容;各种时空数据都可以直接用于多粒度时空对象的数据更新,或者直接生成新的多粒度时空对象(图3)。需要注意的是,全空间信息世界中的多粒度时空对象本身也可能具有信息获取、处理与发布的能力,也是全空间信息系统的重要数据源。

(2) 基于传统地理空间数据的多粒度时空对象建模过程

传统GIS是对地球上地理实体的建模,建模的结果是矢量/栅格/表面等形式的地理空间数据集

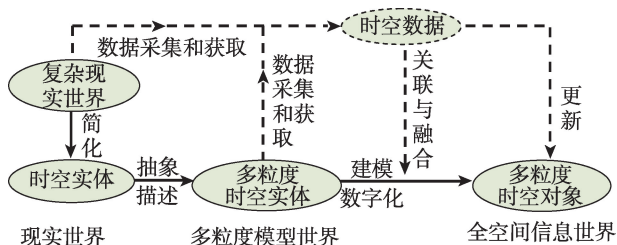


图3 多粒度时空对象数据模型的建模过程

Fig. 3 The building process of the spatiotemporal data model of multi-granularity

合。全空间信息系统是对从微观到宏观的现实世界的建模,建模的结果是多粒度时空对象数据集。因此,传统GIS的地理空间数据是多粒度时空对象数据建模的重要数据源。通过对传统地理空间数据的多粒度对象化处理,可以形成多粒度时空对象数据的部分内容。地理空间数据转换为多粒度时空对象数据的基本流程如图4所示。

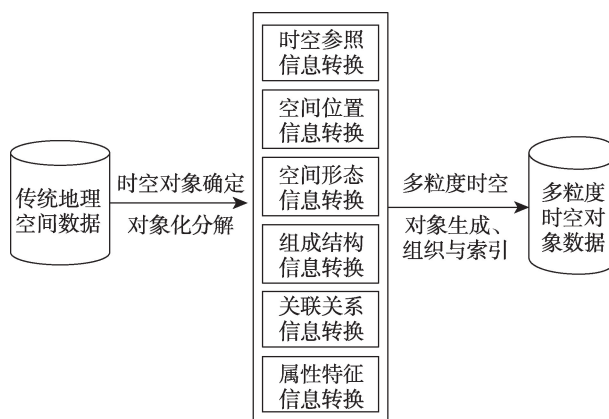


图4 地理空间数据转换为多粒度时空对象数据的基本流程

Fig. 4 The basic transformation process of the geo-spatial data to spatiotemporal object data of multi-granularity

传统GIS的地理空间数据库中通常包含不同尺度和不同种类的矢量地图数据、遥感影像数据、DEM数据、三维立体模型、多媒体数据等,需要针对不同类型的数据采用不同的方法,才能将传统地理空间数据处理和转成多粒度时空对象数据。处理和转换的关键是多粒度时空对象的确定,以及地理空间数据的对象化分解。

多粒度时空对象的确定是指在地理空间数据(如矢量地形图数据、电子导航地图数据)中抽取出时空对象。例如,每个城市、村庄、街区等,每条道路、河流、管线等,都可以作为地理实体,分别描述为不同的多粒度时空对象。多粒度时空对象可以直接从多尺度矢量地图数据中提取,也可以人工确定或根据其他数据确定。

在确定了具体的多粒度时空对象后,就可以把传统的地理空间数据(如1:25万地形图数据)进行分解,分别提取出每个时空对象(如城市、村庄、街区、道路、河流、管线等)的时空参照、空间位置、空间形态、组成结构、关联关系和属性特征等数据,映射到相应的多粒度时空对象上。同一个地理实体(如一个城市、一条道路、一个湖泊等)在不同比例尺下会用不同的空间数据(如来自不同比例尺的同

一地理实体的地图数据)来描述,但都需要关联到同一个多粒度时空对象上。

多粒度时空对象数据也可以转换为传统GIS的地理空间数据。其基本思路是根据矢量/栅格/表面等数据模型建模的需要,抽取多粒度时空对象数据库中的部分时空对象,提取其中的部分信息,将其整合转换为传统地理空间数据(如不同尺度的矢量地图数据等)。

5 结语

本文从数据模型、数据管理、可视化、空间分析、实际系统应用等方面阐述了全空间信息系统对传统GIS的扩展,有助于进一步认识和理解全空间信息系统的构建思路和应用目标;整理了传统GIS的建模过程,分析了传统空间数据模型在描述复杂现实世界时的不足,可以为多粒度时空数据模型的设计提供参考和借鉴;总结和提出的多粒度时空对象数据模型的多粒度、多类型、多形态、多参照系、多元关联、多维动态、多能自主7个特点,可以作为全空间信息系统时空数据模型构建的总体要求;研究和提出的多粒度时空对象数据模型的描述框架,从时空参照、空间位置、空间形态、组成结构、关联关系、认知能力、行为能力和属性特征8个方面明确了全空间信息系统时空数据模型的内容;提出的多粒度时空对象数据模型的建模过程和基于传统地理空间数据的多粒度时空对象的基本建模流程,为实现多粒度时空对象数据的生成与转换提供了基本思路。

本文只是对多粒度时空对象数据模型的特点和框架的概要描述,要进行具体的模型设计,还需要更加细致的研究,如多粒度时空对象数据结构设计、传统地理空间数据向多粒度时空对象数据转换方法研究等。

参考文献(References):

- [1] 周成虎.全空间地理信息系统展望[J].地理科学进展, 2015,34(2):129-131. [Zhou C H. Prospects on pan-spatial geographic information system[J]. Process in Geography, 2015,34(2):129-131.]
- [2] 华一新.全空间信息系统的核心问题和关键技术[J].测绘科学技术学报,2016,33(4):331-335. [Hua Y X. The core problems and key technologies of pan-spatial information system[J]. Journal of Geomatics Science and Technology, 2016,33(4):331-335.]
- [3] 黄杏元,汤勤.地理信息系统概论[M].北京:高等教育出版社,1989. [Huang X Y, Tang Q. Introduction to geographic information system[M]. Beijing: Higher Education Press, 1989.]
- [4] 郭伦,任伏虎,等.地理信息系统教程[M].北京:北京大学出版社,1994. [Wu L, Ren F H, et al. The course of geographic information system[M]. Beijing: Beijing University Press, 1994.]
- [5] 王家耀,华一新.军事地理信息系统[M].北京:解放军出版社,1997. [Wang J Y, Hua Y X. Military geographic information system[M]. Beijing: The People's Liberation Army Press, 1997.]
- [6] 宁津生,陈俊勇,李德仁等.测绘学概论(第二版)[M].武汉:武汉大学出版,2008. [Ning J S, Chen J Y, Li D R, et al. Introduction to Geomatics (second edition)[M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2008.]
- [7] 华一新,赵军喜,张毅.地理信息系统原理[M].北京:科学出版社,2012. [Hua Y X, Zhao J X, Zhang Y. Principles of geographic information system[M]. Beijing: Science Press, 2012.]
- [8] 王家耀.空间信息系统原理[M].北京:科学出版社,2001. [Wang J Y. Principles of spatial information system[M]. Beijing: Science Press, 2001.]
- [9] 华一新,曹亚妮,李响.地理空间可视分析及其研究方向综述[J].测绘科学技术学报,2012,29(4):235-239. [Hua Y X, Cao Y N, Li X. Review on geospatial visual analysis and its research directions[J]. Journal of Geomatics Science and technology, 2012,29(4):235-239.]