

过程地理信息系统框架基础与原型构建

苏奋振, 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: GIS 的发展正在从基于空间状态的“静态”基础走向基于时空过程的“动态”基础。作者提出了过程地理信息系统 (PGIS) 的概念及其理论框架体系。本文剖析了 PGIS 中过程所在的时空范畴, 阐述了过程在 PGIS 中的含义及其结构, 并探讨了 PGIS 基本空间框架、体系结构和过程仓库的理论基础。在此基础上, 定义了 PGIS 的基本时空处理分析功能范畴, 从过程的时空特性出发, 结合所研发的海洋地理信息系统平台 MaXplorer, 阐述了 PGIS 不同于传统 GIS 的相关功能, 即过程管理、可视化、特征化、对象化、逻辑运算和符号化等。

关键词: 时空; 过程; 海洋地理信息系统; 数字海洋; 时空数据挖掘; TGIS

文章编号: 1000-0585(2006)03-0477-08

1 引言

传统 GIS 主要以静态的方式表现现实世界^[1], 完成对地理空间“状态”的描述、操作和分析。为了完成地块变迁的描述与分析, 许多学者对时态地理信息系统 (TGIS) 进行了研究。TGIS 把改变地理空间状态的“事件”纳入了研究范围^[2~4]。在海洋大气等研究中, 以及在数据足够的陆地表层系统的研究中, 需要处理具有时空连续特性的动态现象或过程, 需要完整地表达和分析动态现象的特征与变化规律, 为此, 必须使 GIS 具备对动态现象或过程的管理、处理和分析能力。亦即地理信息系统 (GIS) 需要将“过程”纳入其处理与分析范围^[5,6]。为此, 本文提出了以过程为处理对象的过程地理信息系统 (PGIS), 从 PGIS 所处理的时空以及过程的特性出发, 发展 GIS 对时空过程分析与处理的方法, 并基于该体系搭建具有自主知识产权的海洋地理信息系统 (MGIS) 基础平台 MaXplorer, 实现了 PGIS 的基本功能^[6]。本文着重阐述时空过程 GIS 处理的理论体系, 旨在整体上探讨 PGIS 的理论框架, 框架中各详细研究和成果不作展开, 可参见作者的相关论述^[5~12]。

2 PGIS 的时间与过程

地理学经典地关注空间的理念, 比较少考虑时间的概念^[13,14]。地理信息系统延续这一基础。GIS 发展于陆地应用^[15~18], 通常关注空间分布状况, 或有限几个时刻的空间状态, 不涉及时空连续过程。状态的研究, 无需时间的起点和终点, 也无需顺序和方向, 只有时间的绝对度量而没有时间的相对度量。

收稿日期: 2005-08-12; 修订日期: 2006-02-27

基金项目: 973 计划 (2006CB701305); 国家自然科学基金资助项目 (40571129)

作者简介: 苏奋振 (1972-), 男, 福建永定人, 副研究员, 从事时空信息系统研究。电话: 010-64888965;

E-mail: sufz@lreis.ac.cn

当时间与过程相连时,时间问题被突现出来,过程限定了时间的顺序和方向。因此 PGIS 中的时间是与过程相连的度量。没有过程,时间在 PGIS 中失去意义。换言之,PGIS 中时间应从过程的角度来测算,而不仅仅单纯地由格林尼治时间来度量的量。

尽管时间与过程一起表现出其连续性与不可逆性,但在 PGIS 中时间与过程一起是可以被重复、模拟和可逆的。PGIS 中的过程是对现实过程的模拟、记录或抽象,与现实过程一样是一个尺度概念。复合在过程中的时间也是一个尺度概念。不同的过程对应不同的时间尺度。

PGIS 中的时间表现有多种模式,将过程作为有序空间状态列来记录;也可用改变空间状态的时空事件有序列来记录;可以记录过程进化模式、周期模式等;模式可以是统计的也可以是机理的。最恰当的方式是依科学应用目的而确定其过程的存储、表达与处理的方式。

3 时空过程

3.1 时空与过程

在 PGIS 中,时间与空间是一对表征能量或信息存在方式与变化方式的密不可分的范畴,空间是能量或信息存在与变化的广延性,时间是能量或信息存在和变化的持续性和顺序性。在 PGIS 的研究中,不妨将时空区分为:现实时空、思维时空和虚拟时空。

时空是物质、能量、信息的数量、强弱及过程在地理范畴中的存在形式。PGIS 所表现的时空是利用 GIS 理论与技术方法,在数字世界中对地理现实时空进行符合人们思维时空理念的一种虚拟时空。这一时空通过物质、能量、现象或过程进行填充。由此 PGIS 中时空与过程也是复合在一起的。过程在 PGIS 中是虚拟物质能量的形态、结构、过程、关系、功能的分布方式和分布格局在时空中抽象的动态图景,或信息在时空的生消演化。

时空是 PGIS 基本核心概念之一,其主要用于表达:①过程生消演化的范围;②各过程在时空中的充填及其形态变化、演化方式和时空格局;③各过程内部及之间在时空中互相作用、互相影响的特点;④过程在时空中所表现的基本关系以及此种关系随时空拓扑关系变化的状况;⑤过程的时空行为表现及在时空中的分异规律与演化特征;⑥过程的时空效应及对物质、能量和信息的再分配。

3.2 时空过程

PGIS 中的过程是一个逻辑缩小的、高度信息化的对象,从视觉、计量和逻辑上对过程对象在功能形态等方面进行模拟,信息的流动以及信息流动的结果,完全由计算机程序的运行和数据的变换来仿真。研究者可以在 PGIS 支持下提取现象或过程的不同侧面、不同层次的空间和时间特征,也可以快速地模拟过程的演变或思维过程的结果。

PGIS 中强调时空中各种要素场及其特征随时间和空间的变化特征。在可感知的和可测量的基础上,按照一定的时空粒度,建立依照时序各类现象及其相关性质的动态表现或规律。PGIS 中过程的组织与处理的目的在于:①认识有限时空范围内的变化规律。在一定的时空间隔内,尽可能详尽地纪录现象的依时行为,从中发现现象变化规律,以便作为推测该时空内的相关变化或状况;②对于该时空外可能发生的行为进行模拟和预测,包括该时段前后及该空间内外。这是过程研究的最高层次,也是 PGIS 的科学技术与实用性的集中体现;③研究过程与过程间、过程与事件间、过程与状态间的耦合关系,从而把规律统一于时间与空间的共同基准之中。

3.3 过程的时空结构

PGIS 中的过程，具有一定的时空结构。其时空结构是组成过程的物质能量或信息在数量上的比例、空间中的格局以及时间上的联系方式，表示过程内部各物质能量或信息和现象间的关系。通常反映在以下几个主要方面：①物质的时空组成。各组成成分的时空分配状况，各组成单元的时空概率变动特征，各组成要素的时空联系程度与联系方式；②能量的时空组成。包括能量在时空中的机态、表现方式、传输方式、组成情形等；③信息的时空组成。包括信息在时空中的分布、数量、强弱、存在方式、表现方式等；④时空表现。过程中各组分的分布、层次、等级和联系，及动态关系与表现等。

3.4 过程的时空效应

PGIS 中的过程，可产生一定的时空效应。由于时空结构的差异和时空格局的变换等时空原因所引起的物质、能量、信息的再分配现象和传输复杂化现象。表示为以下几个主要方面：①过程于物质、能量和信息的变动或再分配作用；②过程引起的物质流、能量流或信息流，随过程的时空拓扑关系变化而有不同的表现；③时空过程引起的时空异质性；④由于过程异质或异构性，所致的不同思维问题；⑤过程形成时空场的异质性、异构性、非均衡性及非线性，特别是在时间上。

4 过程地理信息系统中的时空框架

4.1 PGIS 的空间框架

传统 GIS 工作建立在平面底图上，这对于研究范围较小且固定时是合适的。一旦研究区域涉及全球，比如环流，底图把空间人为地割裂开来，地球表面的连续性被人为分割，在剖分线上的点在底图的两侧分别出现，剖分线两侧的点，其拓扑关系、距离关系、方向关系等均与现实不相符。PGIS 中的空间框架基于球体，是一个完整的、连续的三维空间。

4.2 PGIS 逻辑结构

时空过程的数据量，是空间数据量在时间上的乘积。时空过程类型多，分析方法庞杂，因此，其模型应用多样，标准化困难。由此，其前端显示与表达工作相对于过去 GIS 须具有更多的智能。故，PGIS 的结构应符合三层体系结构。过程引擎完成过程的上传和下载，负责把离散的时空数据链接成逻辑上连续的时空过程，使其符合过程仓库的数据模型，符合操作层的操作协议或接口；过程引擎完成过程的创建、整理、处理与管理任务，同时响应操作层的命令，从过程仓库中检索并提取出所需要的过程对象或组成过程的时空数据。操作层完成逻辑计算并完成与外部模型的通讯，特别是与动力模型的集成与交互。客户端完成人机交互的接口，包括通过网络交互。

由于 PGIS 要处理的是过程，其数据来源往往是需要实时的和全球性的，包括各类台站观测、气球、潜标浮标等，数据要与遥感或动力模型同化，要完成预测预报等，如此海量的数据，如此海量的计算量，PGIS 当吸纳网格技术，以完成海量数据的集成、存储、操作、分析、模型的集成与运算、信息产品的制作和发布等。

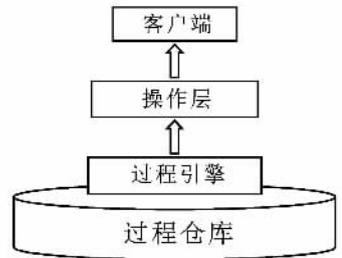


图 1 三层逻辑结构示意图
Fig. 1 Logic structure in PGIS

4.3 PGIS 中的过程仓库

传统 GIS 的数据库是对空间状态的记录和管理, 在 PGIS 中实现的是对过程的记录和管理。数据在逻辑上已经不是对时空过程的割裂, 而是时空过程或过程链。过程仓库的管理完成时空过程重组、查询、检索等功能。过程在仓库中为过程对象, 它有父对象也有子对象, 在生成过程时, 记录相互关系, 以方便检索。同时, 在时空上离散为不同的时空立方体, 进而在过程仓库中对过程进行时空检索^[5]。

进一步地, 过程仓库还存储动力模型及其他用于描述现象、过程及其动态特征的方程, 并完成其组织与管理、查询、检索和提取等功能。可采用模型元数据的方法来完成模型的管理, 采用动态插入, 实时编译的办法完成模型的集成^[6]。

5 过程地理信息系统中的时空功能

PGIS 需要提供实现过程逻辑思维的技术手段, 也要提供实现过程形象思维的技术表现。逻辑思维的实现借助于对过程的建模、操作流程和计算; 形象思维的实现主要借助于时空过程的可视化, 时空导航等。形象思维完成对现象和过程的定性分析并形成整体性时空概念, 逻辑思维完成对现象和过程的定量分析, 为概念和理论的提出进行验证和演绎。为实现这两种技术方法, 需要解决对时空过程数据模型的构建, 实现对时空过程的有效管理^[7]。

5.1 时空过程管理

PGIS 将客观世界抽象为模型化的过程数据, 用户可以按目的观测其各个方面的内容, 取得自然过程的分析和预测的信息, 用于管理和决策, 这为 PGIS 的意义所在。

时空处于动态, 其任何时刻都是全新的, 由此, 需要完成过程描述、上传和下载, 时空数据的提取及与数据仓库的交互。这些成为 PGIS 突出问题。在 MaXplorer 中, 采用有序集合列来描述过程、存储过程, 集合的元素则为一个时刻的空间状态, 该元素也是一个集合, 是空间单元的集合^[5]。

5.2 时空过程可视化

时空过程可视化是利用图形图像的方法来表现时空过程, 以便观察其模拟和计算的过程及结果。时空过程可视化包括过程的图像图形理解和综合, 即, 可视化是一个工具, 用来解释输入 PGIS 中的过程数据或根据复杂的过程数据生成多维的多视角图像或图形, 完成人和 PGIS 之间的协调, 从而达到人与系统的交流。

动力模式是过程研究的主要手段之一。但在其处理数据的过程中, 时空过程往往“不可见”, 被迫被动地等待最终结果, 然后利用各种制图软件, 将结果用图像图形的形式表达出来。这种流程不容易发现计算环节中的错误或不恰当, 导致后续计算的大量浪费。

可视化可为各专业过程的研究提出假设、检验结果。由于过程的多维性, 需要考虑针对不同维设计不同的可视化算法和表现方法。MaXplorer 中, 主要有多窗口显示、过程动态演进、时间剖面等, 并可在此方式下实现对时空过程的缩放、平移、旋转、变换视角、剪切等^[6]。

传统地理信息系统用精确的点线面来显示地物的空间存在, 时空过程则常表现为场的形式, 比如海洋上主要要表达的是浪潮流温、盐、密、声、光、电等属性在时空中的变化。MaXplorer 为这些属性提供了一个具有时空参照的显示环境^[6]。

PGIS 实现对时空过程及其关系的数值化模拟, 使用户对各时空过程有一个非常直观

的感受。比如，MaXplorer 可以在屏幕上展示一个可以无级缩放和信息查询的海表温度变化过程，还可展现用户需要了解的剖面时间动态过程，这旨在使用户对海洋现实世界现象的时空关系认识更为直观、具体^[5]。

5.3 时空过程导航

5.3.1 时空插值 为实现无缝的一个时空过程，需要对时空上分布不均匀的数据进行插值处理从而获得时空尺度一致的时空过程；时空大粒度的数据需要进行时空插值从而获得更小时空粒度的数据。

MaXplorer 的插值方法主要可以从几个方面进行考虑：1) 空间不同，其要素的时间变化特性不同。因此对不同的空间独自进行时间轴上的拟合，从而实现时间的插值。2) 时间不同，其要素的空间变化不同。对同一区域的不同时间采用不同的空间拟合。3) 时间与空间同时考虑，即三维空间上某点的值，除用同一时间的周围点作为输入外，同时考虑不同时间的周围点作为输入。这除了时空统计的方法外，MaXplorer 具有集成功力模型的功能，可以利用动力方程的方式来实现过程的时空内插^[5]。

5.3.2 时空聚合 时空聚合是时空插值的逆过程，是完成时空细粒度到粗粒度的过程。比如，利用 MaXplorer 不仅可以纵览研究区域的全时空域，还可以利用缩放和漫游等基本功能深入到用户更感兴趣的时空中去研究。在时空比例尺不断增大的同时，展现的时空信息内容会不断更新。MaXplorer 能够完成对全局、局部和细部的查看，比如某海区可以查看整个海区某年的平均海温，进而得知该海区不同区域不同层每月的海温变化，乃至每公里海域多层每昼夜的海温变化^[7]。

5.3.3 时空导航 时空导航实现对过程不同时空尺度的变换，在航行中，实现图像图形的任意时空比例尺的无级操作，在航行中浏览不同时空粒度中，场过程的不同详细程度的表现，而不仅仅只有时空粒度的改变而无特征或规律的尺度变化。

利用时空导航，可以直观了解时空过程的生消演变和相互间的关系，可以了解蕴含在过程数据间的知识，支持研究者完成“视觉—心象—形象思维—创新”的认知过程，这也是时空数据挖掘的过程可视化方法。

5.4 过程特征化

遥感图像的急剧增加，全球各种现场观测计划的推进，使得目前许多数据没有被利用。而有时原始数据并不是研究者所真正关心和需要的，真正需要的是这些数据所反映的过程的机理与特性。从这些数据中生成时空过程的各种特征不是现实的单纯复制，而是可以反映现实又高于现实或数据的一种信息载体。它不是一种简单的图形化或数值统计，而是所获信息全体的浓缩，是这些信息所反映的过程的本质。从这个意义上来说这些过程的特征才是现象客观的更真实的反映。

另一方面时空过程的特征化为过程的处理分析和可视化提供了便利。比如可以减少数据量，加快处理分析和可视化的速度；容易抓住问题的本质，有利于进行时空过程的形象思维；有利于进行特征之上的形式逻辑处理与分析，完成用户的时空过程思维。

时空过程特征化的过程也是完成时空过程逻辑思维的过程，所获取的过程特征若用图表等可视形式表达出来则成为完成形象思维的一个手段。MaXplorer 实现了对涡旋、温锋等特征的提取，具体技术方法参见文献^[9~11]。

5.5 时空过程对象化

特征化是对象化的前期工作，是对象化的基础。时空过程对象化的内涵是由计算机程

序和时空数据组织而成的时空过程信息模型。利用现代计算机理论与技术方法,利用对象的概念实现时空过程的描述,包括空间形态、物理属性和行为的描述。每种过程对象有其相连的本身自然特性,也包含人们认知中的各种功能特征,还包括人类时空思维所要进行的时空逻辑操作。

另一方面,时空过程对象化是基于时空过程特征化之上的概念。对时空进行特征化后,一些相互联系、相互制约的特征组合成时空过程对象,为进一步的形象思维或逻辑思维准备操作的对象。MaXplorer 以面向对象技术,完成了时空过程的对象化,使系统实现了将过程作为一个对象整体的操作^[5]。

5.6 时空过程逻辑思维

PGIS 为用户提供时空过程思维的工具,使人脑的思维过程用计算机的逻辑计算与推理来实现和验证。PGIS 的时空数据仓库中存储各时空过程的时间、空间与属性描述信息的同时,还存贮了过程间的时空关系,这一特点为进行时空分析提供了基础。PGIS 所提供的时空思维,就是要利用 PGIS 数据仓库中已经存贮的信息,通过 PGIS 的工具(例如时空缓冲区分析、时空叠置分析),生成 PGIS 时空数据并存贮在时空数据仓库中。

MaXplorer 将许多时空分析工具集成起来^[9~11],借助系统工具进行时空思维时,可将各种分析工具按所研究领域的专业模型组织成处理序列,交由 MaXplorer 完成,最后提供过程、时间或空间可视化的分析结果。MaXplorer 所提供的空间思维功能使用户可视地完成其时空思维,从而能够揭示过程间的相互关系、过程中的时空分布与发展趋势。

经常地,过程间的相互关系表现为一种因果关系。许多现象或过程是一个过程或一组过程并且在其他相应条件下作用的结果。这种结果有可能再转化为原因,既影响将要获得的新结果,也改造先期影响结果的原因。由此研究过程间因果关系与机制也是 PGIS 的重要目的之一,比如,水温时空配置的过程制约渔场形成和演化,利用该模型,可以发现和预报渔场^[12]。

时空过程的逻辑思维过程在 MaXplorer 是可视的,即对过程对象的操作是可见的。可视化是前端的部分,计算是后端进行的形式逻辑过程。

5.7 时空符号化

时空过程经特征化、对象化后,可以进行相关的逻辑计算或思维,可以利用符号将对象化的时空过程或逻辑思维的结果进行表现。符号化完成对时空过程自然或人为分析结果的前端符号表达,比如海洋温、盐、密,乃至浪、潮、流、声、光、电等有方向特征的量。如此需要将各过程信息及其各时空特性集合起来,并且对各现象加以理性的概念化,求得在物理属性、力学属性、化学属性、生物属性等方面的尽可能相似,最终加以高度概括成各种方式的抽象符号。

任何一个过程或其组成的表达符号,都标志着对一过程或其组成的本质描述,既标志着对过程或其组成的认识深度,也标志着对过程及其组成的概括能力,从这个意义上看,一个符号的设置代表着一种理解程度。MaXplorer 中,符号化遵守以下原则:①逼真性,确切反映现象或过程,并以符合人类认知习惯的理性表达;②概括性,抽象出过程一般规律,总结其普遍特征,从而表现出过程的主要矛盾;③美观性,符合人类审美情趣,简洁干净;④科学性,既能符合人的美学感受,又不随意改变时空或过程的科学本质,即符号能确实反映对象实际;⑤易制作性,计算机容易生成,并容易复合在 MaXplorer 时空中或过程上。

MaXplorer 在符号化这一功能中, 除能以动态反映过程外, 还完成静态符号表达动态过程的工作, 即在一张图中, 表达对象在一段时间中的动态过程, 比如完成风在时段上统计后, 将速度、方向和频率表达在底图上; 相应地, 完成在同一时段内, 多空间过程的表达, 如台风与海浪的叠加。

6 讨论

从一般用户的角度, PGIS 应当可以实现对过程相关问题的处理, 并能够为涉及过程的决策提供科学的信息基础或知识基础, 具体来说, 至少应当能回答以下问题: 1) 过程的发生在何时何地(定位问题)、如何生消演变(怎么的问题); 2) 哪些地方符合特定时空条件(条件问题); 3) 过程相互间如何影响(因果问题, 过程间操作分析能力); 4) 过程的时空配置如何(模式问题); 5) 给定条件过程将如何演化(模拟问题)等。

研究 PGIS 需要以典型的、具体的研究领域为突破口。目前美日两国主要是开展海洋地理信息系统(MGIS)的研究^[19]。本文以过程为处理对象, 以过程为理论技术核心发展 MGIS, 建立了我国第一套海洋地理信息系统通用平台 MaXplorer。实践表明, 在时空功能方面, MaXplorer 基本上实现了以上的时空功能^[5~12]。

过程地理信息系统尚属于探索阶段, 许多理论基础还很薄弱, 许多技术方法需要更多的研究与尝试, 相信随空间信息理论技术及相关技术方法的进步, 地理工作者将逐渐从利用 GIS 分析地理结构的阶段进入到利用 GIS 分析地理过程的阶段。

致谢: 与本文相关的研究工作历时十年, 参与的学者众多, 主要有骆剑承、高锡章、刘仁义、薛存金、杨晓梅、孙晓宇、杜云艳、张杰、宋平舰等, 其原型系统 MaXplorer 的开发人员更多, 难以一一列出。在此特向所有参与此项工作的研究者们表示衷心感谢!

参考文献:

- [1] Egenhofer M J, Glasgow J, Herring J R, *et al.* Progress in computational methods for representing geographical concepts. *I. J. GIS.*, 1999, 13(8): 775~796.
- [2] 陈军, 赵仁亮. GIS 空间关系的基本问题与研究进展. *测绘学报*, 1999, 28(2): 95~102.
- [3] 吴信才, 曹志月. 时态 GIS 的基本概念、功能及实现方法. *地球科学—中国地质大学学报*, 2002, 27(3): 241~245.
- [4] 谢传节, 等. 面向对象 GIS 时空数据模型. *地理研究*, 1998, 17(增刊): 124~130.
- [5] 苏奋振, 周成虎, 等. 海洋地理信息系统——原理、技术与应用. 北京: 海洋出版社, 2005.
- [6] 苏奋振, 周成虎, 杨晓梅, 等. 海洋地理信息系统关键技术基础研究. *海洋学报*, 2004, 26(6): 21~28.
- [7] 苏奋振, 仇天宇, 杜云艳, 等. 海洋栅格时空层次聚合模型及其渔业应用. *中国海洋大学学报*, 2006, 36(1): 151~155.
- [8] 杜云艳, 仇天宇, 苏奋振, 等. 基于虚拟力场的海洋涡旋空间显著形状提取算法及应用. *高技术通讯*, 2006, 16(2): 210~215.
- [9] 薛存金, 苏奋振, 周军琪. 最佳结构元素尺寸的自适应确定算法. *计算机图像图形学报*, 2006, [待刊].
- [10] 仇天宇, 苏奋振, 王敬贵, 等. 基于力学原理的海洋网格数据梯度计算. *海洋科学*, 2006, [待刊].
- [11] 杜云艳, 苏奋振, 仇天宇, 等. 基于案例推理的海洋涡旋特征信息空间相似性研究. *热带海洋学报*, 2005, 24(3): 1~9.
- [12] 苏奋振, 周成虎, 史文中, 等. 基于粗集的环境因子时空配置提取模型及其渔业应用. *遥感学报*, 2005, 9(4): 398~404.

- [13] Hartshorne R. Perspective on the Nature of Geography. London: Murray, 1959.
- [14] Harvey D. Explanation in Geography. London: Edward Arnold, 1971.
- [15] 肖捷颖, 等. 基于 GIS 的石家庄市城市土地利用扩展分析. 地理研究, 2003, 22(6): 789~795.
- [16] 冷允法, 等. 基于 GIS 的土地利用变更与时空动态分析. 地理研究, 1999, 18(增刊): 136~142.
- [17] 王敬贵, 苏奋振, 周成虎, 等. 区位和管理政策对海岸带土地利用变化的影响研究——以昌黎黄金海岸地区为例. 地理研究, 2005, 24(4): 520~526.
- [18] 栾维新, 等. 基于 GIS 的辽河三角洲潜在海平面上升淹没损失评估. 地理研究, 2004, 23(6): 805~811.
- [19] Wright D J. Coastal mapping and charting. Geospatial Solutions, 2004, 14(9): 20.

A framework for Process Geographical Information System

SU Fen-zhen, ZHOU Cheng-hu

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: With the powerful technologies to acquire geographical data or its time-series, geographical research focuses on geographical process or dynamic phenomena instead of static geographical structure. At the same time, as a general powerful method to store, manage, distribute, analyze, display and apply the data with location information or as a powerful tool to analyze the spatial data, Geographical Information System (GIS) has attracted more and more attention of researchers in other fields, such as oceanography or meteorology, in which the dynamic phenomenon is the core research object. Some study applications on the dynamic phenomena were based on GIS platforms in market. However these presenting GIS platforms are all developed from terrestrial applications which lay stress on the status of space. Once GIS into the dynamic fields, it is necessary to develop a new type of theory or technology of GIS according to the process characteristics. That means the GIS theory or technology will develop based on the dynamic process instead of the static space. In order to overcome some disadvantages of traditional GIS, the presentation promotes the concept of Process Geographical Information System (PGIS) and describes its basic theoretical framework. This paper analyzes the definition of the space-time, and spatiotemporal process in the PGIS. Based on these definitions, the space base frame, the logic structure and the process warehouse in PGIS are constructed. Furthermore, it defines the spatiotemporal functions of PGIS, such as process management, process visualization, spatiotemporal navigation with the interpolation and aggregation in the space-time, process characterization, process objectization, process logic reasoning, and process symbolization. With the theory above, a new type of GIS based on marine process has been set up as MaXplorer.

Key words: spatiotemporal process; digital marine; PGIS; MGIS; Data Mining