

时空数据智能化处理与分析的理论和方法探讨

骆剑承¹⁾ 周成虎¹⁾ 梁怡²⁾ 裴韬¹⁾

¹⁾(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)

²⁾(香港中文大学地球信息科学联合实验室, 沙田, 新界, 中国香港)

摘要 首先回顾了时空数据处理与分析的发展历史,探讨了开展智能化研究的必要性,并提出了具有层次结构的时空数据智能化处理和体系的体系结构。结合第四代基于特征的地理信息系统的理论和技术,提出发展地理智能系统需要着重解决几个关键问题:地学知识的表达与推理;建立多尺度时空数据融合模型;时空数据统计特性的模型化表达;引进人工智能领域最新方法,设计有效、快速的时空数据的特征表达、分析、数据挖掘、知识发现等算法,形成一系列时空数据的智能化处理和分析功能。

关键词 时空数据 智能化 地学知识 地理智能系统

中图分类号: TP18 P208 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2001)09-0836-06

Theoretical and Technical Issues on Intelligent Processing and Analyzing Models for Temporal and Spatial Data

LUO Jian-cheng¹⁾, ZHOU Cheng-hu¹⁾, LIANG Yi²⁾, PEI Tao¹⁾

¹⁾(LREIS, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing, 100101)

²⁾(JLGIS, the Chinese University of Hong Kong, Hong Kong)

Abstract Being combined with synthetic sciences and techniques such as earth science, computation science and information technology, the aim of processing and analyzing model for temporal and spatial information has been focused on obtaining the hidden features of spatial differentiation and temporal changes of phenomenon of earth surface from temporal and spatial database. In this paper, while the developing history of temporal and spatial information processing and analyzing model is reviewed such a conclusion is arrived that the direction of Geo-Analysis for temporal and spatial information is aiming to intelligentization, then the hierarchical structural system of intelligent processing and analyzing models for temporal and spatial data is initially built based on multiple theoretical and technical issues, including Geo-Analysis, Mathematical and Statistical Analysis, Neural Computation, Knowledge processing, and so on. Developed with feature-oriented GIS-4, some crucial points on intelligent processing and analyzing system for temporal and spatial data are presented, including the representing and inferring mechanisms of geo-knowledge, integrated models for multiple-scale temporal and spatial data, the modelling representation for the statistical characteristics of the spatial data, and the function sets combined with a serials of the rapid and efficient algorithms such as spatial information processing, feature detecting, temporal and spatial analyzing, data mining, and knowledge discovery.

Keywords Temporal and spatial data, Intelligentization, Geoscientific knowledge, Geographical intelligent system

0 引言

地球表层系统是一个复杂的巨系统,不仅组成要素繁多,而且各要素间的相互关系复杂。地学分析就是运用系统论、信息论和控制论等现代科学方法,综合空间技术和计算技术,揭示地表信息流的地球表层动力学机制与时空特性,反映区域分异和揭示区域发展过程。时空信息是对地理实体、地理系统特征、时间变化、空间分布的描述;是对区域分异和区域发展等地面特征的综合,空间、属性、时间是其三要素。区域分异是指区域内部的结构和区域外部的对比;区域发展是指历史过程和社会、经济、人文景观的形成、演化^[1]。时空数据库是大量不同历史和不同尺度的时空数据和非时空数据的积累,是“数字地球”战略最重要的信息来源。当前,世界上每年采集的时空数据量之大都以TB计(据不完整的统计,SPOT有250TB;ESA有400TB;NOAA有1000TB;…),而被应用的数据仅占获取数据的10%~15%。如何快速、定量地从这些大型时空数据库中挖掘有用的特征和发现过程性知识已经成为目前时空数据处理和分析的瓶颈问题。发展时空数据的处理和分析模型是目前时空数据不断积累过程中所提出的迫切要求,目的是通过定量、快速地提取与实际应用目标相关的有用信息和模式,加强对海量数据处理的能力,提高地学分析的深度,开拓地学决策分析的技术手段^[2,3]。

对时空数据的处理和分析,不能脱离时空信息的地学特征的本质,必须从研究时空信息机理和建立时空信息模型出发,在具体地学知识基础上来运用快速、定量的处理和分析模型,并且能够在分析过程中通过不断地发现知识和补充知识来完善其知识处理系统。因此智能化是时空数据处理和分析的发展方向,其地学基础就是建立知识库系统,然后通过具体的智能计算方法,模拟地学专家对地理对象的理解和分析过程,并反过来从时空数据库中挖掘潜在的特征和知识,达到比认知更高一个层次的决策分析功能。

建立智能化时空数据处理和分析模型,不但是地理认知理论的基础研究内容,在学术意义上有较高价值,也是新一代地理信息系统中发展其智能系统的基础,其成果具有广泛的应用前景。特别是对从海量时空数据库中挖掘特征并发现知识,进一步为决策服务,具有极大的推动力,能产生显著的经济、

社会效益。

1 研究进展

1.1 时空数据处理与分析的发展

地学分析研究经历了瞬时信息的定性分析、时空信息的定位分析、时间信息的趋势分析以及环境信息的综合分析等几个阶段。时空数据处理和分析的应用模型不断深化,已从单一数据的分析发展到多源数据的综合分析;从定性调查制图发展到量化数理统计分析,从资源与环境的静态分布发展到时态过程分析;从事物和过程的表面描述发展到对内在规律的探求。时空信息的处理和分析方法研究大致经历了以下几个阶段。

(1) 传统处理分析方法 通过手工制图或计算机处理手段分别从人工或自动两个方面对时空信息进行获取、表达、查询、特征提取、区域划分等处理分析,来获得反映地球表层分布和动态发展规律的地学信息。但前者更侧重于人的知识的参与,缺点是很难实现对时空信息的量化分析;而后者主要是程序化的时空数据处理分析手段,但缺乏对时空信息地学特征的表述,难以突出其包含的地学内涵。

(2) GIS、遥感等技术手段综合下,以地理信息和遥感信息相结合的综合地学分析:时空数据具有比较确定的地学属性信息和时空信息,因此通过GIS分析模型来辅助时空数据的处理和分析已经成为基本手段^[4,5]。GIS主要是建立在数据层的集成框架中,从而使得时空信息模型与GIS分析模型之间相互独立,因此时空数据的集成需要向着更高层次的模型层集成的方向发展,其发展方向是建立基于特征的时空数据模型。

(3) 人工智能理论支持下的智能化时空信息处理和分析 地学分析需要在地学规律指导下,结合具体的地学知识和地理信息,通过地学分析和人工智能等技术手段,获得更精确的反映实际地学规律的分析结果^[6~20]。地学知识包括一般常识、专家经验、地物物理化学和生物特性、空间分布及空间相互关系、空间纹理结构特征、时相分布特征及发展规律等。发展地理智能系统,就是以地学分析模型为基础,运用统计分析、神经计算、知识处理系统、地学优化等智能技术,在时空信息、地学知识的相互作用下进行综合地学分析^[21](图1)。

1.2 人工智能与时空分析、地学决策

智能技术是时空数据处理和分析的一个切入点。

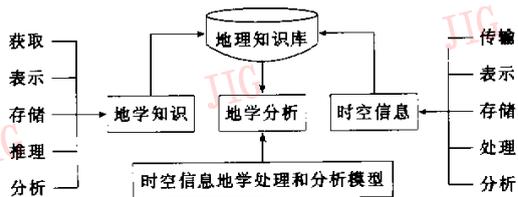


图1 地理智能系统的总体框架

目前时空数据的智能化处理和分析主要包括神经网络认知模型和符号逻辑推理模型。前者通过生理性的神经模拟实现形象思维的简单功能；后者源于对人类逻辑思维能力的模拟，属于抽象思维的范畴。时空数据处理和分析研究的前沿是在地学分析方法和数理统计、神经计算、演化计算等智能计算理论与技术支持下，建立集成地学知识、时空信息等为一体的时空信息处理分析模型^[22,23]。目标就是建立地理智能系统，以时空信息地学分析模型为支持，通过地学知识来表达时空信息，以统计分析、神经计算、知识模型、地学优化等智能技术为分析手段，快速、定量、自动地实现对蕴涵着的地学特征提取、空间划分等功能。如何在时空数据处理模型中通过地学知识处理系统来挖掘时空特征，是实现智能化时空数据处理和分析模型的关键。而地学知识、时空信息的集成包括了早期发展、目前现状和发展趋势3个阶段：

(1) 早期发展 时空信息、地学知识之间相互独立，一般通过以下几种方式进行数据集成：时空数据需要通过格式转换于统一的系统中；采用传统分析方法（如区划法、相关分析、主导因素、分层分类、统计分析等）；知识处理和融合能力较弱，没有专门的知识库和推理机；人工和计算机处理分析相互对立；时空数据集成需要在统一表达模型下才能实现数据间的相互调用，不能充分利用相互的分析手段。

(2) 研究现状 时空信息与地学知识的初步综合，运用智能处理与分析方法，形成数理统计、人工神经网络和符号逻辑推理等3个流派。在统计理论支持下，形成参数化和非参数化统计分析方法；基于人工神经网络(ANN)方法的数据分类及信息提取模型（主要针对遥感数据）；基于符号逻辑（主要是规则形式）的地理决策分析专家系统。

(3) 发展趋势 即综合数理统计、神经计算、符号逻辑等技术，在基于特征的地学处理和分析模型基础上，建立一整套时空信息及地学知识的获取、表达、存储、判断、推理、分析、决策等机制，来模拟领域专家对时空信息的认识、解译、信息提取、分类、决策等综合地学分析过程。最终宏观目的是：集成空间地

学统计模型、基于特征的地理信息处理分析模型、统一时空数据库管理模型、地学知识库、时空分析模型、时空认知模型等，并结合基于心理学的宏观模型和基于生理学的微观模型，建立智能化地理决策分析系统。

2 关键问题

时空信息具有模糊、不确定的特性。综合运用地学知识是克服其不确定性和多解性的重要途径，建立地学知识处理模型和信息处理分析方法是处理时空信息的关键。对时空数据的处理和分析，不能脱离其地学特征的本质，必须从研究其信息机理和建立信息模型出发，在地学知识的基础上来进行处理和分析，并通过不断发现知识和补充知识来完善知识库系统。时空数据智能化处理和分析的地学基础是建立知识库系统，地学知识是知识库的核心，其中的关键技术包括地学知识的表达、获取及运用推理在此基础上建立层次结构的空间认知模型。通过智能计算，来模拟地学专家的分析决策过程（包括视觉、记忆、联想、推理等认知过程）。

(1) 地学知识的表达

在传统知识处理中，知识表达主要以符号逻辑的表达形式为基础，来模拟人的心理活动和思维过程。而人对客观世界的感性认识、理性认识、判断和分析是同时基于包括心理、生理两方面相互交错的智能活动，因此基于心理学的宏观模型与基于生理学的微观模型的相互结合是未来智能系统真正能接近模拟人的综合决策分析能力的唯一途径。目前，在人工智能领域中，知识的表达除了产生式规则表达形式外，还有逻辑、框架模型、语义网络等，这些统称为知识的语义表示法^[21]。在大多数地学知识处理模型中，主要是以基于规则的表达方式为主。其他知识的表达与处理在国内外研究中出现较少。

在时空决策分析问题中，主要的是对结构化、非结构化空间知识与时空信息的综合运用^[21]。很多决策分析的对象是以模拟人的空间形象思维和视觉等生理活动为主的，比如遥感影像中的信息提取和分类、地图中的符号识别等问题。因此基于语义知识表达模型对时空信息决策分析是有限制的，必须发展基于模拟生理活动的知识表达模型。从空间知识的表达及推理的角度来看，基于人工智能的并行知识处理模型（其中主要包括神经网络和遗传算法）和面向对象知识表达模型，将为空间分析和空间决策模

型,特别是在空间知识的动态自动获取和知识挖掘等方面,提供一种新型时空知识的表达架构.在这些知识处理模型和方法的支持下,地学知识的运用与地学分析模型相融合,能够从形象思维的角度上模拟人对空间的认知过程.因此,知识表示发展方向是如何从完整的思维形式及认知模式的角度出发,对不确定、模糊知识进行定义和描述,突出知识的时空化,从本质上考虑形象思维的问题求解过程.

(2) 地学知识的获取

对地学知识的获取主要依靠经验和领域专家,将专家的知识或经验转化为一定的表达形式加入知识库中.这种获取手段是间接的、机械式的,不但费时费力,而且效率低下,影响了地学分析系统的智能化水平.随着遥感、GIS技术的发展,时空数据日益积累,形成海量的时空数据库.在空间决策分析过程中,由于时空数据库中大量的时空数据或时空信息本身就是大自然和人类社会活动双重作用的产物,许多反映地学现象和地学过程的知识本身就蕴涵在长期积累的时空数据库中.因此对时空数据库中特征的挖掘,为地学空间决策分析提供了更快速、丰富、精确的知识^[3],从而实现了知识库的实时准备和更新.

时空数据挖掘已经随着海量数据存储、高性能处理器及相关数据挖掘算法的发展而迅速发展.数据挖掘及知识发现的主要算法,则是建立在传统方法基础之上的,如相关分析、聚类分析、偏差检测、决策树、最近邻方法、基于规则推理等,而以仿生学技术的神经计算理论和进化计算理论为基础的人工神经网络(ANN)方法和遗传算法(GA)在知识发现中的应用,也取得了重大进展.其中ANN主要是通过大量实例来进行网络训练,获得分布式、并行存储的知识;而GA模拟了生命进化机制,以基于目标的寻找准则,从大量数据集中寻找最优特征来获得知识.

(3) 空间认知模型

试图模拟地学专家来认识地学对象和地学现象、地学过程的地学认知模型已经发展起来,但在这些地学认知模型的设计中,时空信息系统、地学知识处理系统等以信息处理为基础的技术方法和地学理论分析方法的研究之间存在着一定的隔阂,因此不能从根本上模拟地学专家的“地学思维”,“地理学的语言和计算机语言之间还缺少接口”.地学认知理论应建立在地学理论和地学方法论的基础上,在认知理论和技术的支持下,以模拟地学专家的逻辑思维和形象思维的方式为目的.地学认知理论的主要研

究内容包括地学思维研究、地学认知过程研究、地学认知分析、空间行为决策符号系统等^[24].地学认知理论是建立地理智能系统的理论基础.

时空认知是用计算机系统来模拟地学专家对时空数据综合地学认识和决策分析的过程,目的是通过对时空数据特征的描述、识别、分类和决策,提取地学属性(如判别目标的大小、结构、相互关系、内部特征、形成机理等),进一步融合地学分析模型,预测地理现象和地理过程的空间分布和发展趋势.时空认知需要解决两个基本问题:模拟地学专家在对地学对象和地学过程进行逻辑推理时、以决策分析为主的心理活动,及以知觉、视觉等生理活动为主的形象思维活动.两种思维方式在时空认知过程中相互作用、相互交融、有主有次.空间认知模型的目的,是针对时空信息的地学特征,建立地学知识处理系统,融合多尺度时空数据,发展智能化数据处理和分析方法,建立层次结构的智能化认知模型(图2):一方面对时空数据进行尺度上的划分,从视觉角度来模拟时空数据的多尺度特性;另一方面,在时空数据分析层次上,从底层统计计算、神经视觉计算到高层逻辑推理的认知过程的划分.

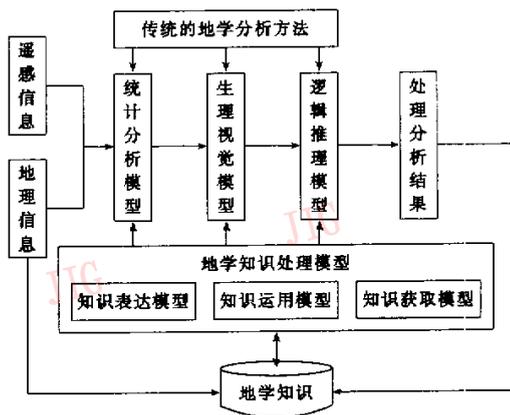


图2 智能化地学分析研究的发展框架

3 地理智能系统的主要功能及解决方案

地理信息系统技术体系的发展是面向空间实体及其时空关系的数据组织与融合,从而改变以图层为基础的时空数据组织方式,实现不同尺度时空数据的互动,实现矢量、影像数据的互动,实现多维属性与嵌套表组织,实现多源时空数据的装载与融合,支持数据仓库和知识发现机制.地理智能系统是地

理信息系统针对时空数据处理和分析而发展的重要功能集,除了基于特征的时空数据组织与融合外,其方法体系在功能上包括了数据集成、模型表达、知识处理和认知方法等几个方面,下面是对这几个方面的初步设想。

(1) 多尺度时空数据集成 基于多尺度时空数据的视觉尺度效应,建立空间推理体系,进行不同尺度时空数据的特征级融合。在多尺度数据表达方面,现有的地理信息系统以比例尺作为基本依据,即使在“面向对象”的矢量数据模型中,也缺乏不同空间尺度对象之间的互动关系,使得不同分辨率的时空数据缺乏彼此间的互动关系。时空数据的组织、管理和分析基本上都在“尺度割裂”的状态下进行。而多尺度性是指地球空间现象及实体在不同尺度下形态、结构的范畴和细节的客观反映,在宏观、中观和微观空间建模和分析应用中有着不同的用途。比如,从视觉理论出发,针对时空数据的多尺度特征,引进尺度空间视觉聚类方法来进行时空数据的尺度特征描述,实现人对时空数据(以遥感影像为例)逐步综合的特征融合过程^[25]。其基本原理是:模拟人眼对目标从近到远逐步综合的视觉特征过程,对不同尺度的空间单元进行定量化划分。

(2) 高维时空数据的混合密度降解及特征模型化表达 对空间特征的混合密度进行分解,用多个参数化密度分布模型的组合来表达整体复杂分布。可以将稳健统计方法应用于混合密度分布的分解,并作为时空数据统计分析模型表达的基本工具。进行混合密度分布的分解主要有两种方式。一种是期望最大(EM)方法^[26]:一次性地进行各混合密度分布最大似然参数的估计,然后可以用BAYES理论进行地学知识的参与;另一种是高斯混合密度降解(GMDD)方法^[27]:逐步从混合特征空间中挖掘特征,每次挖掘过程中融合领域知识,获得不同参数集统计特征分布。

(3) 地学知识表达和推理体系 包括针对时空分析的地理知识分类;在传统符号逻辑表达基础上,与时空信息结构化和非结构化的集成方法;与神经计算、统计模型等结构化集成的知识表达和推理模型^[28]。重点解决基于神经网络的地理知识表达和推理模型,包括针对地理知识的多源性、多结构性,运用传统符号化表达方式表达地理知识,采用神经元表达和推理方式来实现数量化、结构化地理知识的表达处理;一般符号逻辑表达的知识与量化的计算

模型结构的串行推理模型,和神经网络中直接用量化的权系数来表达知识的因果关系;

(4) 有效、快速的时空数据智能化处理和分析方法:①智能化特征提取和分类算法:引进支撑向量机(SVM)进行时空高维特征的提取^[29],比如作为高维有限特征单元的记亿单元来实现对高分辨率遥感影像特征信息的提取(其中需要解决高维映射函数定义、领域知识融合、支撑向量集极小优化、高维信息压缩等问题);②基于知识的EBF神经网络模型,需要解决EM算法对中间层结点的最优化划分、知识推理与神经网络计算结果的归并等关键问题;③在传统统计分类和人工神经网络基础上发展新型的针对地学特征的神经网络模型,包括基于知识的RBF和EBF神经网络模型来处理混合密度分布的特征提取和分类;④ARTMAP神经网络作为低维空间结构特征的联想记忆模型;⑤演化计算及地学优化问题,其中遗传算法(GA)是根据生物进化模型提出的一种优化和机器学习算法,以实现复杂空间中稳健、简单的优化过程。

4 结 论

地理信息系统(GIS)不仅是一个简单时空数据库管理系统,也不仅是计算技术和地学模型的简单组合,而应该以地球系统中信息流的地球动力学发生机理与时空发展特性为目标,通过揭示时空信息传输过程中所引起的地球信息的不确定性(多解)与不可预见性(多维)等地学特征,来发展对地球观测系统的特定技术手段和对地学过程进行数字模拟的技术方法。因此对时空信息的处理和分析要突出挖掘其深层地学特征。用智能化手段进行时空数据处理与分析,发展地理智能系统,一方面加强了对海量时空数据定量、快速的处理能力,开拓了时空信息处理和分析的技术手段;另一方面在知识库系统基础之上,通过模拟地学专家对地理对象的理解和分析过程,提高了地学分析的深度。

参 考 文 献

- 1 陈述彭. 遥感地学分析的时空维[J]. 遥感学报, 1997, 1(3): 161~171.
- 2 徐冠华. 遥感与资源环境信息系统应用与展望[J]. 环境遥感, 1994, 9(4): 241~246.
- 3 李德仁. 论自动化和智能化空间对地观测数据处理系统的建立[J]. 环境遥感, 1994, 9(1): 1~10.
- 4 Hinton J C. GIS and remote sensing integration for environmental applications[J]. Int. J. Geographical Information

- Systems, 1996, 10(7): 877~890.
- 5 Wilkinson G G. A review of current issues in the integration of GIS and remote sensing data. *International Journal of Geographical Information Systems*[J]. 1996,10(1):85~101.
 - 6 Goodenough D G, Goldberg M, Plunkett G *et al.* An expert system for remote sensing[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1987, GE-25(3):349~359.
 - 7 Mckeown D M. The role of artificial intelligence in the integration of remotely sensed data with geographic information systems [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1987, GE-25(3):330~348.
 - 8 Nicolin B, Gabler R. A knowledge-based system for the analysis of aerial images [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1987, GE-25(3):317~328.
 - 9 Wang F, Newkirk R. A knowledge-based system for highway network extraction [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1988, 26(5):525~530.
 - 10 Kimes D S, Harrison P R, Ratcliffe P A. A knowledge-based expert system for inferring vegetation characteristics[J]. *Int. J. Remote Sensing*, 1991, 12(10):1987~2020.
 - 11 Wang F. A knowledge-based vision system for detecting Land changes at urban fringes[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1993, 31(1):136~145.
 - 12 关泽群,李德仁,林开愚. 基于空间推理的专题影像解译[J]. *测绘学报*, 1993, 22(1):41~49.
 - 13 Civco D L. Artificial neural networks for land-cover classification and mapping [J], *INT. J. Geographical Information Systems*, 1993,7(2): 173~186.
 - 14 Kartikeyan B, Majumder K L, Dasgupta A R. An expert system for land cover classification [J], *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1995,33(1):58~66.
 - 15 Skidmore A K, Watford F, Luckananurug P *et al.* An operational GIS expert system for mapping forest soils [J], *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1996, 62(5): 501~511.
 - 16 Dobson M C, Pierce L E, Ulaby F T. Knowledge-based land-cover classification using ERS-1/JERS-1 SAR Composites [J], *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1996, 34(1): 83~99.
 - 17 Atkinson P M, Tatanall A R L. Neural networks in remote sensing [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1997, 18(4):699~709.
 - 18 Murai H, Omatu S. Remote sensing image analysis using a neural network and knowledge-based processing [J], *IJRS*, 1997,18(4):811~828.
 - 19 Caelli T, Bischof W F. The role of machine learning in building image interpretation systems[J]. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 1997,11(1):143~168.
 - 20 术洪磊,毛赞猷. GIS辅助下的基于知识的遥感影像分类方法研究——以土地覆盖/土地利用类型为例[J]. *测绘学报*, 1997, 26(4):328~336.
 - 21 梁怡. 人工智能、空间分析与空间决策[J]. *地理学报*, 1997, 52(增刊):104~113.
 - 22 Fischer M M, Getis A. Recent developments in spatial analysis: Spatial statistics, behavioural modelling, and computational intelligence[M], Berlin: Springer-Verlag, 1997.
 - 23 周成虎,骆剑承等. 遥感影像地学理解与分析[M]. 北京:科学出版社,1999.
 - 24 鲁学军,承继成. 地理认知理论内涵分析[J]. *地理学报*, 1998, 53(2):132~140.
 - 25 Leung Y, Zhang J, Xu Z. Clustering by scale-space filtering[J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2000, 22(12):1396~1410.
 - 26 Dempster A P, Laird N M, Rubin D B. Maximum likelihood estimation from incomplete data via EM algorithm[J]. *J. R. Statist. Soc.*, 1977,B39:1~38.
 - 27 Zhuang X, Huang Y, Palaniappan K *et al.* Gaussian mixture density modeling, decomposition, and applications [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 1996,5(9):1293~1301.
 - 28 Fu F. Neural networks in computer intelligence[M]. The MIT Press and McGraw-Hill, Inc. 1994.
 - 29 张学工. 关于统计学习理论与支持向量机[J]. *自动化学报*, 2000,26(1):32~42.

骆剑承 1970年生,博士,副研究员,现在资源与环境信息系统国家重点实验室从事基础研究.主要研究方向包括空间数据挖掘、遥感图象处理、时空信息认知等.发表论文20余篇.

周成虎 1964年生,博士,研究员,现任中科院资源与环境信息系统国家重点实验室主任.主要从事地球信息图谱、时空数据分析、遥感地学分析模型等研究工作.发表论文70余篇,出版专著与文集10余卷册.

梁怡 博士,教授,香港中文大学地理系主任,资源与环境信息系统国家重点实验室学术委员会委员.主要从事空间分析、空间决策、地理专家系统等方面研究.

裴韬 1972年生,博士,副研究员,现在资源与环境信息系统国家重点实验室从事基础研究.主要研究方向是空间数据挖掘.