

# 人工智能和专家系统在地学中的应用综述<sup>\*</sup>

张健挺 邱友良

(中国科学院地理研究所, 北京 100101)

**摘 要** 本文所指的地学是以地理学为主包括地质、气象、水文等以地球表层为研究对象的学科, 其研究对象具有多因素相互作用的复杂性。本文在回顾了地理学/ 地学研究方法发展过程的基础上, 分析了人工智能、专家系统、地理信息系统的相互关系, 综述了专家系统在地学中的应用实例, 最后分析了地学专家系统的发展趋势。

**关键词** 人工智能 专家系统 地理信息系统 地学应用

## 1 前言

地学现象是自然、经济、社会各因素在地球表面相互作用而形成的综合结果, 是一个复杂的巨系统<sup>[1]</sup>。地学在长期的发展过程中, 一直有系统研究和区域研究两个传统<sup>[3, 4]</sup>, 前者是从发生学的角度探讨地学现象的物理过程, 后者则侧重于从现象学的角度描述某一区域内地学要素的综合表现, 这两者汇总于对地学现象的理解和解释的主线。近代以前的地学尤其是地理学由于科学发展水平的限制, 首先是定性的描述, 然后发展到描述性的解释, 并逐渐发展定量和半定量的解释<sup>[2]</sup>。

五十年代兴起的数量化运动试图运用数学的方法, 借鉴物理的模式来定量地描述, 来解释和预测地理现象的发生发展和变化规律, 六、七十年代这一运动达到高潮。由于地理现象具有高度的复杂性以及当时技术手段和认识水平的差距, 计量地理建立的数理统计和数学模型未能很好地反应客观现实, 求解模型所需要的大量实测数据和模型参数无从获得, 许多模型仅停留在某一地区某种事例的理论研究层次上而无法在实际中推广应用, 招致其它学派的大量批判。七十年代以后, 计量地理的高潮逐渐衰退<sup>[8, 9]</sup>。

数量化运动的失败使得长期以来一直存在的地理学缺乏坚实普遍的理论和方法基础的缺点进一步暴露出来, 导致自然地理学和人文地理学及其各分支学科的分化更加严重<sup>[6]</sup>。七十年代以来, 尽管部门地理学对单个地理要素的研究日益深入, 但仍然无法解决人口、资源、环境和发展 (PRED) 这类综合性的问题。地理学综合性的特点没能在解决经济和社会发展的实际问题充分发挥出来。在地学的其它学科中也不同程度地存在这样的问题。

空间科学和计算机技术的进步, 尤其是八十年代以来, 遥感数据的大量采集应用和微型计算机的普及, 为地学的研究提供了崭新的手段, 提高了地学解决实际问题的能力。数字化地图和遥感卫星影像都是地学现象反映的地学空间信息的综合表现, 在计算机制图基础上发展起来的地理信息系统为存储管理和分析这些地学空间信息提供了一种通用工具,

<sup>\*</sup> 本文得到国家“九五”攻关项目 (96-B02-03-01) 的支持。

来稿日期: 1997-10

增强了地学解决实际问题的能力，也在一定程度上促进了地理学的综合发展。

逻辑实证主义采用的将复杂的客观事物分解为各个独立的部分分别进行研究再进行拼装的方法割裂了事物之间的有机联系，这种弊端在解决地学问题时尤其明显，这也是尽管部门地理学有了较大发展却仍不足以解决实际问题的症结所在。在这种情况下，一些地学工作者试图将计算机和信息科学领域的人工智能技术引入地学领域，借鉴地学专家的经验、知识和智慧来解决该领域中存在的大量实际问题。同时，随着地理信息系统应用的深入，GIS 逐渐从空间数据管理和显示制图走向模型分析，在确定性模型和统计模型不能满足解决实际问题的需要时，要求采用专家系统的经验模型，利用人工智能技术来解决这些问题。

专家系统技术在地学中的应用，是地学的现象学和发生学两种研究方法的统一，是区域和系统两种研究传统的统一。通过前者对地学现象综合的描述性解释获取地学专家认识和解决实际问题的框架和模式，通过后者对机理明确的子系统的定量计算获取该子系统的最优解，二者的结合可以提供在当前技术发展水平下解决复杂地学问题的最佳方案，这也就是钱学森提出的“定性与定量相结合的综合集成技术”在地学中的具体应用<sup>[1]</sup>。

## 2 人工智能、专家系统、地理信息系统与智能空间决策系统

关于人工智能目前并没有一个明确的定义。斯坦福大学人工智能研究中心的 Nilsson 教授认为“人工智能是关于知识的科学——怎样表示知识以及怎样获得知识并使用知识的科学。”MIT 的 Winston 教授认为“人工智能就是研究如何使计算机去做过去只有人才能做的智能工作”<sup>[10,30]</sup>。从广义上讲，一般认为用计算机模拟人的智能行为就属于人工智能的范畴。人工智能广泛应用于知识工程、专家系统、决策支持系统、模式识别、自然语言理解、智能机器人等方面。

专家系统 (Expert System, ES) 是其中应用最为成熟的一个领域。早在 60 年代，人们就开始应用人工智能技术解决实际问题。1965 年，Feigenbaum 研制了第一个专家系统 Dendral，从而开创了专家系统的研究。目前，专家系统的应用领域已扩展到各个领域，利用各领域专家的知识 and 经验解决存在的实际问题。

地理信息系统 (GIS) 是在计算机制图的基础上发展起来的，在以后的发展过程中逐渐向空间信息系统的方向发展，提供地理数据采集、处理、分析和输出的功能。早期的 GIS 主要被用作空间事物处理系统 (STPS) 和空间管理信息系统 (SMIS) 而没有和人工智能相结合，地学专家系统与地理信息系统是平行发展的。

专家系统与地理信息系统的结合具有非常重要的意义。专家系统 in 应用过程中，知识获取的瓶颈是最大的障碍之一。如前所述，由于地理现象的复杂性和强烈的地域个性使系统地理学试图寻找普遍规律的努力只能停留在理论研究阶段，而区域地理学一般性描述无法确定性地揭示地理现象的内在规律亦无法让人们满意。地理信息系统建立的区域空间数据库是特定区域的定量反映，是个性和共性的统一，包含着大量的地学知识，可以在此基础上探讨普遍性和特殊性的地学规律。对于已经明确的规律，可以直接应用于模型分析而不必经过烦琐的推理，对机理不清的现象可以用专家系统的方法加以解决。同时地理信息系统提供的空间分析功能也为地学专家系统提供了有力的工具。

另一方面，与其它信息系统的发展相类似，GIS 也开始向决策支持系统发展，即空间决

策支持系统 (SDSS)<sup>[7]</sup>。决策支持系统是人工智能在信息系统中的又一应用,与专家系统有密切联系。近年来,随着 GIS 的飞速发展,已建立了一大批 GIS 系统,许多系统经过长时间的运行后积累了大量的数据,而且可以利用的空间数据源的种类和数量正在飞速增长,这些数据中包含了重要的空间信息和空间规律,依靠传统的人工方法已不可能处理如此庞大和复杂的数据,迫切需要能够处理多维和海量数据的智能化的地理信息系统的支持。目前的 GIS 大都属于 STPS 和 SMIS 的阶段,而为数不多的 SDSS 多数还是数据+模型=结果的类型,少量的 SDSS 提供独立的地学专家系统模块,但还称不上智能空间决策支持系统。未来的智能空间决策支持系统应该不仅具有传统的数据管理和模型分析的功能,还应包括人工智能和专家系统的许多方面,如人机接口、自然语言理解、知识学习和积累、知识表达、模型组织等,能够在人机结合的集成环境中解决复杂的地学问题<sup>[19, 22]</sup>。

### 3 专家系统在地学中应用的现状分析

人工智能从一开始就有符号主义和连接主义两大学派<sup>[10]</sup>。在 60 和 70 年代,以 Prolog 和 Lisp 体现的符号主义的研究和发展获得了较大发展,而 80 年代以来,以人工神经网络为代表的连接主义把人工智能的研究推向高潮。人工智能和专家系统在地学领域中的应用也体现了这两种学派的影响,早期的地学专家系统以符号逻辑推理为主,近年来发展起来的地学专家系统较多地采用了概率统计、人工神经网络和模糊理论的方法。

专家系统在地学中的应用从形式上看有两种类型。一是计算机领域人工智能专家开发的地学专家系统模型,它比较强调专家系统的逻辑特性和知识组织以及整个系统的完整性,专家系统的地学内容只是其研究体系的一个例子,这种类型的地学专家系统并不以解决地学问题为最终目的。这类系统如文<sup>[11, 13, 16~18]</sup>所示的例子。另外一种形式是地学工作者将人工智能的原理和方法引入地学领域,对已有的地学模型加以改造和运用,以解决实际存在的地学问题。在早期的地学专家原型系统中,这两种类型的区别非常明显,随着专家系统应用的深入,地学工作者应用计算机技术的能力逐渐增强,目前这两种类型已有融合的趋势。从技术上看,地学专家系统也可以分为两类。一是采用人工智能语言编写的地学专家系统模型,如美国著名的 PROSPECTOR 地质勘探专家系统用于寻找矿藏<sup>[10]</sup>和我国南京大学开发的用于寻找地下水的勘探地下水专家系统 KCGW<sup>[14]</sup>。它们将地学专家的经验加以形式化表达并存储在知识库中,采用贝叶斯推理机制。当用户启动系统后,输入某一地区的观测事实及其可信度后,系统经过推理后将推理结果以及这个结果的可信度反馈给用户,当某一结论的可信度超过用户设置的阈值后,则认为已推导出满足用户要求的结论。这些专家系统内在的机制允许用户查询推理过程,自动解释要求用户输入的事实的用途,允许用户修改推理规则等以帮助用户理解专家系统的机理,方便用户使用。这类早期的地学专家系统一般采用 PROLOG 和 LISP 等语言开发,有一些可以在 DOS 平台上运行,其他则只能在专用平台上运行。现在以这种模式开发的模型可以单独运行,也可以与 GIS 进行松散集成。

另外一种形式是采用高级程序设计语言编写专家系统模型。在人工智能语言 PROLOG 和 LISP 等最重要的回溯 (backtracing) 和递归 (recurrence) 机制可以用高级语言来实现。与人工智能语言相比,高级语言的计算能力较强,用户界面友好,支持的协议较多,与其

他非专家系统模型连接方便, 更适合实际应用系统的开发。马蔼乃等开发的微机地理专家系统 MCGES 就是这种类型, 它是一个用 C 语言开发的基于规则的产生式专家系统, 用于水土保持规划, 是我国较早的与遥感和 GIS 紧密结合的地理专家系统<sup>[12]</sup>。该系统属于早期的实验研究, 推理规则较为固定和简化, 没有提供知识的学习功能。翁文斌等设计的汾河防洪专家系统采用了语义网络知识库、框架知识库、槽知识库、规则知识库和目标库等来表达和存储知识, 提供知识库管理系统, 除了普通推理机外还提供了专业推理机, 是一种比较完善的地学专家系统<sup>[15]</sup>。

最近发展起来的高级程序设计语言一般都支持面向对象的特性。专家系统中采用框架的知识表达方式与面向对象的设计方式有天然的相似之处, 因此最新用高级程序设计语言开发的专家系统采用面向对象的方式是很自然的。程慧霞等建立的农作物产量预测系统<sup>[11]</sup>和曹文君等提出的面向对象的综合地理专家系统<sup>[13]</sup>就属于这种类型, 其推理方式不仅有类似传统产生式规则的链接推理, 还有面向对象推理所特有的继承推理和消息传递机理。

近年来随着人工神经网络、模糊理论和概率统计的发展, 一些人开始利用这些技术进行遥感图象分类、专题信息提取、综合评判等, 使系统具有一定的智能特点<sup>[26, 39]</sup>。新型地学专家系统的研究取得了一些的成果, 但大规模和系统化的应用还有待进一步发展。

在专家系统与地理信息系统的结合上, 目前 GIS 与 ES 大都采用松散的结合方式。GIS 和 ES 分别采用商业软件或自行开发的软件, 并在此基础上开发用户界面, 二者之间采用 Import/Export 的方式进行连接, 这类系统如黄波开发的城市区划管理专家系统<sup>[21]</sup>。叶嘉安等开发的智能地理信息系统专家系统外壳<sup>[31, 32]</sup>, 在地理信息系统和专家系统之间架起了桥梁, 应用于遥感影像的土地类型分类、气候分类和与 DTM 相关的问题, G. Ferrier 和 G. Wadge 等建立的基于知识的沉积流域辅助地质分析模型采用了地理信息系统软件 ARC/INFO、专家系统 Next Object、关系数据库 Oracle 相结合的方式<sup>[33]</sup>。

## 4 专家系统在地学中应用展望

### 4.1 地学专家系统需要地学信息机理的基础研究

随着地学信息的应用的广泛化和数字化, 迫切需要研究地学信息的机理, 研究它的采集、存储、表达、分析和应用过程中客观世界、信息系统和人(包括建设者和使用者)之间的关系。人工智能技术的目的就是用计算机来模拟人的智能工作, 地学信息系统如何真实而又富有创造性地反映人对客观实际的认识, 是其成败的关键所在。关于地理认知的研究已开始探讨这方面的问题, 但如何将理论体现到具体的可操作的运行系统中尚有待进一步深入。

地学信息客观上具有宏观性、综合性、区域性、层次性、分布性、动态性等特点, 是空间、时间和属性的统一。不同的信息源、不同的时间分辨率、不同的空间分辨率可以反映其不同的侧面。人类对地学现象的观测, 从定点、定线的实地量测, 到利用遥感技术从远离地球的太空大范围遥测, 再到 GPS 的天地联测, 不同的观测方式以多种形式反映了地学信息的特征。从绝对值、相对值、均方差、峰度、偏度到形状、纹理、分形、分维指标, 人们对地理信息度量的方式不断增加, 在低层次的时空分辨率上无序的现象, 在高层次时空分辨率上可能存在极明显的规律, 空间扩散反映着时间上的变化规律, 而地学信息的时

间差可能反映出重要的空间规律<sup>[20]</sup>。

随着对地学现象和地学信息认识和分析的不断深入,原来非结构化的数据和知识可能逐步变得结构化,可以采用一系列指标和公式加以明确表达,从而不再需要人工智能的支持;而新的地学现象、新的观测方式的出现,对于更高层次地学规律的研究的深入,大量的非结构化信息仍然需要有效的人工智能的支持。人工智能技术也必须能够适应表达和存储多源、多维、多尺度、时空复合的地学信息的需要,支持地学数据融合和地学知识发现的需要。随着越来越多的地理信息系统的建立,客观世界逐步纳入人的监测和调控范围之内。面对不断爆炸的信息量,已经不可能单纯依靠人工去处理这些信息。采用人工智能和专家系统技术,让计算机取代这一部分工作已势在必行,这在很大程度上依赖于对地学信息机理的基础研究。

#### 4.2 人工神经网络和模糊理论的进一步综合应用

人工神经网络是一种用计算机去模拟生物机制的方法,是一种不确定的方法。它们不要求对事物的机制有明确的了解,系统的输出取决于系统输入和输入输出之间的连接权,而这些连接权的数值则是根据历史上曾经发生过的事例训练得到的,这种方式对解决机理尚不明确的问题特别有效。与传统的统计模型相比,人工神经网络和基因算法更适合先验分布不明确的非线形问题<sup>[24, 34, 35]</sup>。

地学现象的复杂性和独特性使得建立在各种理想条件之上的理论模型很难应用于实际,确定性的模型需要随着地点和时间的改变而不断修改模型参数甚至模型结构,因而在很大程度上失去了模型的普遍性。自然、社会、经济各因素的耦合使得这个复杂的系统具有一定程度的非线形和混沌特点<sup>[22]</sup>。在这种情况下,以事例为基础的人工神经网络无疑是一条有效的途径。在空间数据库大量数据所代表的实例的基础上建立人工神经网络模型,可以在机理不明的情况下,产生有用的结论;在新事例不断加入的过程中,不断自学习和自演化。这种模型具有良好的普适性和强壮性(Robust),同时为建立确定性模型准备数据,提供经验和模式。大量的地学现象和地学知识都具有不同程度的模糊性,而地学观测数据及其在计算机内的表示都是确定的数值,这就造成地学信息表示和地学信息应用的不一致性。在应用专家系统进行推理时,这种矛盾尤其明显。在这种情况下,模糊数学隶属度概念的引入在一定程度上解决了这个问题<sup>[26]</sup>。模糊理论模型采用并行处理的结构,当输入信号进入模糊系统时,所有的模糊规则将根据条件的适用度决定是否激活,并由被激活的规则决定系统的输出。模糊系统是建立在“如果-则”(If-Then)表达方式之上,较人工神经网络的连接权容易理解和接受,但如何自动生成和调整隶属函数和模糊规则,则是一个很棘手的问题,一种比较理想的方法是综合利用人工神经网络和模糊理论,用人工神经网络去训练连接权<sup>[24, 27, 28]</sup>。

建立在数理统计、模糊理论和人工神经网络技术等数值计算基础上的地学专家系统更容易与各种空间数据库、地学分析模型模块和地学信息系统进行集成,融合进集成化的业务运行系统中去,从大量的地学事例中探讨地学规律和解决地学问题。

#### 4.3 多系统智能集成的业务化运行模式

早期的地学专家系统独立于地理信息系统,其知识来源于地学专家经验的形式化描述,没有充分利用地理信息系统空间数据库提供的地学信息,造成知识获取和形式化的困难。地学专家系统与地学信息系统相分离导致其知识更新的困难,固定的推理机制无法适应新的

信息模式, 而基于符号的推理方法计算功能较弱无法适应实际的需要, 这些都是影响地学专家系统深入应用的障碍。

目前全球性的科研项目已达 50 多个, 各种遥感技术平台、地面观测站, 调查统计网以不同的时间和空间分辨率采集地球表面的大量地学信息, 采集的方式逐步自动化、密集化, 已形成了庞大的地学信息数据库。大量政府部门信息系统, 如自然灾害监测、环境保护、资源管理、城市规划等都是以地理信息为主要内容或空间定位依据, 直接服务于商业、交通等领域信息系统也有很多具有空间特性。地学信息的处理已逐渐实时化、业务化和集成化。这些系统在前端可以采用 RS、GIS、GPS 及其综合应用来采集数据并进行常规的事务处理, 在后端可以进行各种分析、规划和决策。前端的信息获取如遥感专题信息提取, 空间模式识别和模式匹配, RS、GIS、GPS、RDBMS 多源数据融合等, 后端的空间数据挖掘和空间知识发现等, 都需要人工智能和专家系统的支持。多系统紧密集成的模式中, 专家系统和人工智能可能不仅仅是作为应用模型出现, 更重要的是专家系统的机制融合在各个系统之中, 形成智能化的地学决策支持集成系统。

## 5 结语

传统的地学专家系统基于逻辑符号推理, 存在地学知识获取的瓶颈, 其应用的广度和深度都受到很大的限制, 基本处于理论研究层次上。

处理非线性问题的非线性科学, 处理随机性的概率论, 处理模糊性的模糊理论和基于事例的人工神经网络的综合应用, 是解决地学现象复杂性、不确定性和特殊性的基本理论。新一代地学专家系统在继承传统的符号逻辑推理优点的基础上综合使用这些适合地学分析的技术和方法将使地学专家系统的机制更有效地解决地学问题。

地学信息获取的种类和数量飞速增长, 在业务化运行的地学信息系统中引入地学专家系统技术形成智能空间决策支持系统, 是海量地学数据处理分析、发现地学规律、支持空间决策的必由之路。新一代地学专家系统技术将融合在地学决策支持系统的各个方面, 需要加强对地学专家系统的研究。

## 参 考 文 献

- 1 钱学森等著. 论地理科学. 浙江教育出版社, 1994.
- 2 大卫·哈维. 地理学中的解释. 商务印书馆, 1996.
- 3 理查得·哈特向. 地理学的性质. 商务印书馆, 1996.
- 4 B. A. 阿努钦著. 地理学的理论问题. 李德美, 包森铭译. 商务印书馆, 1994.
- 5 白光润. 地理学的哲学贫困. 地理学报, 1995, 50(3).
- 6 林初升. 二十世纪北美人文地理学发展回顾. 台湾大学地理系地理学报, 1996, (20) 93~110.
- 7 周成虎, 邵全琴. 地理信息系统应用方法论. 地理学报, 1997, 52(增刊).
- 8 杨吾扬, 张超, 许建华. 谈谈现代地理学中的数量方法与理论模式(上). 地域研究与开发, 1996, 15(1).
- 9 杨吾扬, 张超, 许建华. 谈谈现代地理学中的数量方法与理论模式(下). 地域研究与开发, 1996, 15(2).
- 10 田盛丰等编著. 人工智能原理与应用. 北京理工大学出版社, 1993.
- 11 程慧霞等编著. 用 C++ 建造专家系统. 电子工业出版社, 1995.
- 12 马霭乃, 周长发. 地理专家系统的试验研究. 地理学报, 1992, 47(3).

- 13 曹文君, 幺宝刚, 何永保. 面向对象知识库及其在综合地理信息系统中的应用. 复旦学报(自然科学版), 1992, 31(2).
- 14 陈世福, 潘金贵等. 勘探地下水专家系统 NCGW 的设计及其实现. 计算机学报, 12(6).
- 15 翁文赋, 罗强, 王喜喜. 汾河防洪专家系统的设计与应用. 水科学进展, 1996, 7(1).
- 16 毛文吉, 金海东. 台风预报专家系统. 计算机研究与发展, 1991(10).
- 17 刘宏等. 长沙旅游咨询专家系统. 计算机研究与发展, 1991(10).
- 18 张健清等. 岳阳地区暴雨预报专家系统. 计算机研究与发展, 1991(10).
- 19 徐洁磐, 惠永涛, 吕嵘. 智能决策支持系统的发展和展望. 计算机研究与发展, 1993(3).
- 20 陈述彭. 遥感地学分析的时空维. 遥感学报, 1997, 1(3).
- 21 黄波, 王英杰. GIS 与 ES 的结合及其应用初探. 环境遥感, 1996, 11(3).
- 22 阎守邕等. 空间决策支持系统通用软件工具的试验研究. 环境遥感, 1996, 11(1).
- 23 李德仁. 论 RS、GPS 与 GIS 集成的定义、理论与关键技术. 遥感学报, 1997, 1(1).
- 24 赵振宇, 徐用懋著. 模糊理论和神经网络的基础与应用. 清华大学出版社、广西科学技术出版社, 1996.
- 25 李德仁, 程涛. 从 GIS 数据库中发现知识. 测绘学报, 1995, 24(1).
- 26 王建华, 祝国瑞. 模糊分析学在空间信息分析中的应用初探. 测绘学报, 1996, 25(2).
- 27 王国宏, 何友. 基于模糊综合的目标识别时空数据融合算法. 模式识别与人工智能, 1997, 10(1).
- 28 王仕军, 王树林. 一种用神经技术学习模糊规则的方法. 计算机研究与发展, 1995, 32(4).
- 29 郭仁忠. 关于空间信息的哲学思考. 测绘学报, 1994, 23(3).
- 30 Second Generation Expert System. Jean- Marc David. Jean- Paul Krivine and Reid Simmons(Edits). Springer-Verlag, 1993.
- 31 An intelligent expert system shell for knowledge- based Geographical Information systems 1: The tools. Yee Leung and Kwong Sak Leung. INT J Geographical Information Systems. Vol. 7, No. 2.
- 32 An intelligent expert system shell for knowledge- based Geographical Information systems 2: some application. Yee Leung and Kwong Sak Leung. INT J Geographical Information Systems. Vol. 7, No. 3.
- 33 An Integrated GIS and knowledge- based systems as an aid for the geological analysis of sedimentary basin. G Ferrer and G Wadge. INT J Geographical Information Science. Vol. 11, No. 3.
- 34 Data Mining with Neural Networks. Joseph P Bigus. McGraw- Hill Companies, 1996.
- 35 Case- Based Reasoning. Edited by David B Leake. AAAI Press/The MIT Press, 1996.
- 36 Advances in the Knowledge Discovery and data Mining. Usama M Fayyad. Gregory Piatetsky- Shapiro. Padhraic Smyth. and Raasamy Uthurusamy Editors. AAAI Press/The MIT Press, 1996.
- 37 A framework for the integration of geographical information systems and modelbase management. David A Bennett. INT J Geographical Information Science, Vol. 11, No. 4.
- 38 GIS Application Development with GeoOOA. Georg Kusters. Bernd- Uwe Pagel and Hans- Werner Six. INT J Geographical Information Science, Vol. 11. No. 3.
- 39 Artificial neural networks for land- cover classification and mapping. Daniel L. Civco. INT J Geographical Information Science. Vol. 7. No. 2.

## 作 者 简 介

张健挺, 男, 1971年生。1993年毕业于南京大学大地海洋科学系, 1996年获该校理学硕士学位, 现为中国科学院地理研究所资源与环境信息系统国家重点实验室博士研究生。主要研究方向是地理信息系统集成, 参加国家“九五”科技攻关项目“重大自然灾害监测评估集成运行系统”, 承担集成方案总体设计任务, 已发表论文5篇。

# A REVIEW ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND EXPERT SYSTEM IN GEO-APPLICATION

Zhang Jianting      Qiu Youliang

(*Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*)

### Abstract

This article presents a review on the application of Artificial Intelligence (AI) and Expert System (ES) in Geo-sciences. Although there has been much progress in Geo-sciences, they still lack the right capabilities to establish information systems to solve Geo-problems, and it is urgent to study and apply AI and ES technology in Geo-models and Geo-systems to solve complex problems in the real world. This article examines many Geo-ES systems established by Geo-scientists and computer scientists in recent years, and discusses them in many detail aspects, such as in methodology, technology, Object-Oriented features and integration problems. Finally, This paper suggests that it is urgent to study geo-information mechanism to apply Geo-expert system, Artificial Neuron Network and Fuzzy theory, because they may play a central role in next generation Geo-expert systems based on case-reasoning provided by GIS spatial database. With the quick development of spatial information technology, there will be a overall fusion of RDBMS, RS, GIS, GPS, AI, ES and DSS. Those technologies will be integrated into Intelligent Spatial Decision Support System (I-SDSS), and gain more power to solve PRED problems.

**Key Words**      artificial intelligence, expert system, geographical information system, geo-application