

遥感影像制图综合的智能化研究

周春平 尹连旺

(北京大学遥感与地理信息系统研究所 北京 100871)

摘 要 本文以人工智能为基础,用计算机模拟一般制图人员对遥感图像进行制图综合的过程,用框架的知识表示方法建立了一个实验性的知识库,并设计了一个推理机。对蒙古人民共和国乌布苏淖尔地区的 TM 分类图进行了实验,取得了较好的效果。

关键词 遥感影像,图斑,制图综合,人工智能

1 问题的提出

近年来,由于机助制图得到迅速发展,许多制图系统已达到了实用水平,缩短了成图周期;提高了地图精度;增强了地图的功能。但是,制图综合是一个由来已久的难题,一直是制图自动化的难点。遥感影像制图综合实质上是对分类图斑的综合,它包括概括和取舍两个方面。一般是按专题制图规范,选取大面积的,意义重要的;舍弃小面积的,图上不易清晰表示的,不重要的。概括包括图斑边界的概括、相近类别的合并、边界光滑等。

目前,利用遥感资料手工编制各种专题地图的方法已相当成熟,如在“三北”防护林和内蒙古草场资源调查中,编制了许多高质量的专题图。而实用的计算机自动制图系统还很少,尽管有些地理信息系统具有图形输出的功能,但由于种种原因,很难达到专题地图的水平。它们一般采用分类图像后处理的方法,如滤波^[1],在一定程度上去掉了面积小的图斑,光滑了图斑边界,显示了制图物体的特征,使专题图清晰易读,达到了制图综合的目的。在这方面,北京大学遥感与地理信息系统研究所的刘建波同志对图斑进行了深入的研究^[1],指出了滤波法的不足,设计了一种跟踪统计法,收到了较理想的效果。这种方法统计图斑点数,当点数小于某一给定阈值时,将其舍去,合并到和它有最多相邻点的那一类中去,否则保留该图斑。但上面这些方法,都没有考虑图斑本身的属性及其重要程度对制图

综合的影响。制图综合时,有些图斑虽然小,但有重要的意义,应保留;有些图斑尽管大,意义却不大,应舍去。而以上各法都采用一刀切的办法,对同样几何特征或数量特征的图斑进行机械地处理,要么都舍去,要么都保留。另外一个关键问题是舍去的图斑应归并到哪一类型之中,上面的那些方法基本上都把它们合并靠相邻的点数最多的那一类型中了。这是不科学的,两种类型的合并应是性质相近的合并,不应由其各自的数量和几何特征决定。

如图1当要舍去属性为高粱地的图斑时,由于以高粱地为中心,林地在点数上比玉米地占优势(有最多的相邻点);应用以前的方法,势必把高粱地合并到林地之中去。这显然是不合理的,因为高粱地和玉米地都是旱地,是耕地,是相近的类型,它们才应合并。

本文正是在以上各法的基础上,应用人工智能的方法,克服了以上各法的缺点,进行程序设计的。

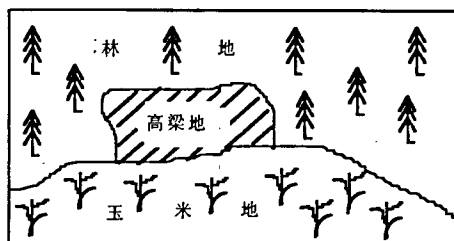


图1 图斑类型合并示意图

Fig.1 Illustration of polygon generalization

1) 刘建波. 从遥感影像机助生成专题地图的初步研究. 北京大学遥感与地理信息系统研究所90届论文.

收稿日期: 1997-05-12; 收到修改稿日期: 1997-10-13

2 软件设计

2.1 为什么要用人工智能

当制图自动化的研究经过一段迅速发展后,人们应用简单的或者复杂的数学方法,通过计算机,解决了许多制图中的问题。但研究的进程最后却徘徊在制图综合自动化这一问题上。因为制图综合是一个复杂的过程,是拥有大量制图知识和丰富实践经验的制图工作者创造性的劳动过程,是专家的推理思维过程,无法用精确的数学公式来完整的描述。人工智能特别是专家系统的出现,为地图界解决制图综合自动化这一问题提供了基础^{1), 2), [2,3]}。

2.2 为什么用 C 语言进行程序设计

专家系统有其专门的语言 PROLOG 和 LISP 语言,它们适合于一般的推理决策,特点是规则数量多,推理复杂,并且通过大量的原始数据推导出为数不多的结论,是建立一般专家系统的语言。其缺点是灵活性差、速度慢、运算和图形操作不强、和其它语言的接口不好。这些也是目前许多成功的专家系统不用 PROLOG 和 LISP 编程的主要原因。

遥感制图综合有其自己的特点:

(1) 数据量大,几乎得对每个图斑甚至每个像元进行运算、推理,这就要求推理机具有很高的时效性,否则处理一幅图像花很长的时间,使得自动化失去了意义。

(2) 制图综合一般针对图斑,推理规则少,推理较为简单,这为快速推理提供了有利的条件,其推理机也易于用 C 语言来实现。

(3) 和其它语言存在接口问题,必须用易于接口的语言。

C 语言是目前流行的,被广泛采用的程序设计语言。它速度快,图形操作功能强,易于接口,提供了结构化的框架,而又没有限制程序员的创造性。事实上,基于种种原因,许多人工智能的软件都是用 C 语言写成的。没有一种人工智能的技术是不可以用象 C 语言这样的过程性语言来实现的,某些机制的实现用 C 语言比用 PROLOG 及 LISP 更为清楚^[4]。

2.3 知识库的建立^{3), [5,6]}

用于遥感制图综合的知识源

用遥感资料目视解译制作专题图,是在合成的假彩色影像上,首先由具有遥感知识的专业领域专家进行解译,再由制图专家按制图规则编辑成图。例如制作草场类型图,在能充分显示草场类型的假彩色相片上,先由具有一定遥感知识的植被专家进行解译,勾出图斑,再由制图专家按制图规范、制图原理及个人的实践经验进行制图综合,协调各要素之间的关系,经注记、整饰等过程制成专题图。有时,由于某些植被专家具有一定的制图知识,把解译和制图综合过程结合起来,一次完成。

从这一制图过程可见,用于遥感制图综合的知识源基本上有 3 大类:

(1) 遥感知识。如影像(像元)的空间分辨率、影像上地物的显示方式(包括色调、纹理)等。

(2) 制图对象的专业领域知识。如地物间的相互关系、特性、分布规律等。

(3) 制图知识。包括制图规范、制图原理及制图专家个人的经验知识。如图上图斑面积为多大时必须舍去,怎样进行制图综合才合理,怎样使地图既反映自然规律又清晰易读等。

在本文的知识库中主要考虑了以下几个方面的知识:

● 像元的空间分辨率,它能满足多大比例尺的制图。

● 根据制图比例尺、专题图用途及制图区域的特点,确定最小图斑的知识。

● 根据制图比例尺、专业领域(指专题图所表示的那个领域)知识和制图专家经验,确定每种地物类型取舍的知识。

● 由专业领域知识决定舍去的图斑如何合并的知识。

知识表示

(1) 知识的框架表示法

怎样将上面的知识存储在计算机中,既适应遥感制图综合的要求又便于计算机处理,是知识表示研究的内容。知识表示是人工智能最活跃的研究问题之一。在过去的 30 多年中,AI (Artificial Intelligence) 工作者已研究出许多知识表示方法。

1) 华一新. 专题地图设计专家系统的研制. 第四届全国地图学学术讨论会论文. 1991.

2) 孙群. 专题地图数学基础自动生成专家系统. 第四届全国地图学学术讨论会论文. 1991.

3) C语言与人工智能. 中国科学院希望高级电脑技术公司. 1991.

其中包括状态图表示法、特性表示法、逻辑表示法、语义网络表示法、规则表示法、格关系表示法、框架表示法、正本表示法等。知识表示的成功与否往往影响到整个系统的成功。

遥感数据处理有其自己的特点,运算量大,数据量大,要求知识的表示方法必须适宜于快速作出判断。在分析和研究了目前主要的知识表示方法的优缺点之后,结合遥感制图本身知识的特性,本文采用框架法来表示制图综合知识,这种表示法和产生式规则法相比,每一个框架是几条甚至几十条一般产生式规则的复合。不但减少了规则数目,而且使知识更具系统性、规律性、清晰性。最主要的是这种知

识表示方法非常精炼,既充分表示了知识又大大地提高了推理速度。这一点对遥感制图尤为重要。

框架(Frame)表示法是 M.L. Minsky 于 1974 年提出的,其基本思想是:人类记忆和使用知识时,通常把有关的一些信息组织在一起形成一个知识单元——框架。一个框架中经常包含着一些不确定的或猜测的信息。当一个人遇到新情况要对他的知识进行修改时,他从其记忆中取出相应的框架,并根据需要改动某些细节以更好地反映现实世界。

应用框架表示法,针对图斑综合知识的特点,采用知识表示结构(表 1):

① 框架号:为了使知识具条理性和系统性,对框

表 1 框架表示法的知识表示结构

Table 1 Knowledge representation structure based on frame

框架号	地物名	属性	新赋属性	域值1	优先1	顺序1	域值2	优先2	顺序2
FrameN	Name	At.	New At.	Thr. 1	Pri. 1	Ord. 1	Thr. 2	Pri. 2	Ord. 2

架编号。

● 地物名:表示正在处理的像元的属性名称,如土地利用图中的水田、旱田、居民地等名称。

● 属性:地物名表示的那种类型在知识库中的代替字符,如水田为 A、旱田为 B、居民地为 C。

● 新赋属性:程序中设计了两种人机对话的方式给图斑赋属性。一种是先在屏幕上显示分类图,靠移动一个十字光标给图斑赋属性。另一种情况是已知分类图中图斑属性,如以 125 表示水田,170 表示旱田等,这时的 125、170 即是新赋属性。用户只需在知识库中的新赋属性一栏中添上这些数字或代码即可,不再通过移动光标在屏幕上给图斑类型赋属性。

● 阈值 1:结构中的第一个阈值。若图斑的点数小于或等于该值,则该图斑有省去的可能。是否舍去要看“优先 1”、“顺序 1”、“阈值 2”的情况,若“优先 1”值为 0,“顺序 1”中又没有和它相邻的图斑的属性,且“阈值 2”又小于图斑点数,则保留该图斑,否则舍去。

● 优先 1:表示是否按点数优先的原则合并。该值为 1 则表示点数优先,舍去的图斑合并到和它有最多相邻点的那一类型之中去;该值为 0 则表示属性优先,其合并的优先顺序应按“顺序 1”中排列的那样。

● 顺序 1:若“优先 1”为 0,表示不按点数优先而按属性优先的原则合并。和该图斑相邻的可能有多种属性,到底舍去的图斑合并到这些属性之中的哪一类去?这就按“顺序 1”排列的优先级来进行。

● 阈值 2:“顺序 1”很可能没有该图斑相邻的那

些属性,这说明图斑属性和周围属性相差甚远,如果把该图斑舍去合并到周围的类型中,纯属牵强附会。这时要重新考虑该图斑是否舍去,这种作法也是制图人员在综合过程中常用的。这时若图斑点数大于“阈值 2”,则该图斑保留,否则一定舍去。

● 优先 2:和“优先 1”代表的意义一样。确定是否按点数优先的原则取舍。

● 顺序 2:和“顺序 1”代表的意义一样。确定合并的属性优先级顺序。

(2) 强大的知识表达能力

这种知识表示方法对图斑制图综合知识具有很强的表达能力。图斑制图综合的所有知识几乎都可由它来完美地表达。它主要可以表达这样的意思:某一类图斑,当其相邻有属性相近的类型时,多大的图斑舍去,多大的图斑保留,舍去的图斑应归于那一类之中;当其相邻没有属性相近的类型时,又该如何处理。

例如:知识 1:水域的大小大于 9 个像元时保留;小于等于 9 个像元时舍去,按点数优先原则,合并到和它有最多相邻点的那一类型中去。

知识 2:落叶林林地的大小大于 20 个像元时保留;小于等于 20 个像元时,若其周围相邻混合林林地、长绿林林地、灌木及灌木林牧场之中的一种或几种时,按属性优先的原则进行合并;若周围没有上面所列的类型,说明周围没有相近的类型,要重新考虑取舍。若这一图斑点数大于 10,则该保留它;否则按混合牧场、草本植被牧场、农业用地、荒地这一顺序的属性优先原则进行合并。若和该图斑相邻的属性

没有上面所列的任一种, 则按点数优先的原则合并 (表 2)。

表 2 知识表示示例

Table 2 Illustration of knowledge representation

框架号	地物名	属性	新赋属性	域值1	优先1	顺序1	域值2	优先2	顺序2
1	水域	A	...	9	1				
2	落叶林林地	B	...	20	0	CDE	10	0	FGHI

● 若某一类地物很重要, 不能舍去, 而根据制图比例尺及专题地图图斑的最小尺寸, 它又不能用图斑清晰地表示出来, 则可改用符号表示。此时阈值 1 一定要取的很小。

● 若某一地物相对重要, 不轻易舍去, 可把阈值 1 取的相对小。

● 若某一地物除了某几类地物可以和它合并外, 其它类型的地物一般不能与它合并。那么, 阈值 1 可取适当大小的数, 把能和它合并的类型按优先级排列在顺序 1 中, 同时阈值 2 要取的很小。

2.4 推 机 的 设 计

推 机 的 概 念

推理机的作用是应用知识库中的知识, 根据数据库中的数据, 得出用户问题的正确解答。虽然人类知识是人类(或系统)求解问题的基础, 知识的多寡决定了一个人(或系统)处理问题水平的高低, 但使用知识进行推理的能力对一个人(或系统)来说同样是必不可少的。推理机按其推理方式不同有正向推理、反向推理和混合推理之分。

正向推理是按由数据推出结论的方向进行推理; 反向推理与正向推理的方向正好相反, 它是由目标出发, 为证明目标去寻找有用的证据。

正向推理和反向推理是两种极端的推理方法。正向推理可充分利用用户的已知信息, 但它有漫无目的的推理趋势; 与之相反的反向推理目的性较强, 却不能充分利用用户已知信息。混合推理可以扬长避短, 它既能充分利用现有信息, 又能有目的的进行推理。这种推理方法也是人们处理问题时常用的。

人工遥感制图综合的过程及分析

专家系统是计算机模仿人类专家解答问题, 要想确定计算机进行科学的推理的过程, 必须研究人类专家遇到同样的问题时是怎样推理的。目前, 人工进行遥感专题制图的方法大体有两类, 其流程如图 2。

两类过程的主要区别在于: 过程 1 是光学处理, 目视解译进行分类; 过程 2 是计算机辅助进行分类, 得到图斑。另外, 目视解译时, 领域专家可能具有一

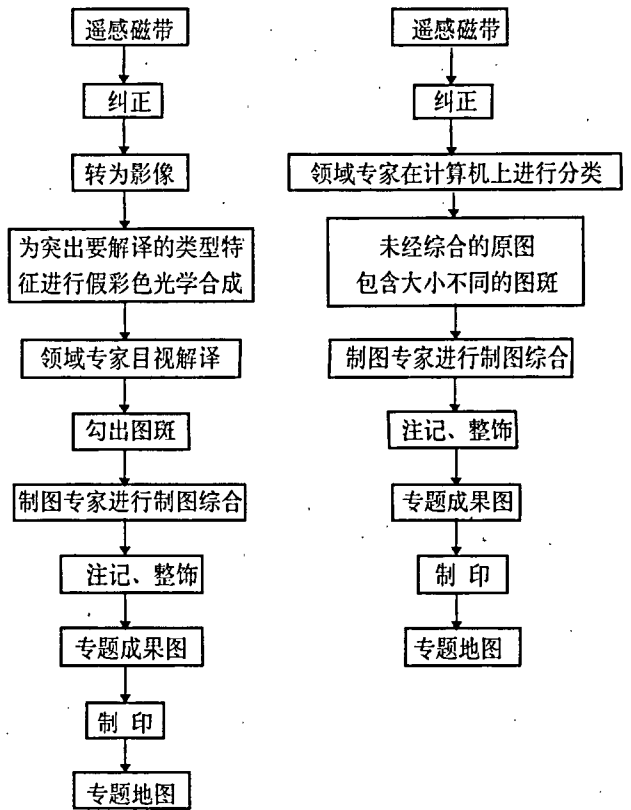


图 2 遥感专题制图过程

Fig.2 The process of thematic mapping by RS

定的制图综合知识, 勾出图斑的同时, 进行了一定程度的制图综合。制图专家只监督检查综合结果是否合理, 进行少量改正即可。制图专家的主要工作放在投影选择、注记、整饰(包括图名、图例的设计和配置; 颜色应用; 符号设计; 整体布局等)上。用计算机

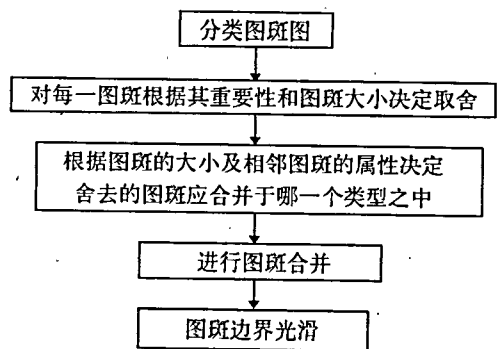


图 3 人类专家制图综合流程

Fig.3 The process of thematic mapping by expert

辅助分类时,制图综合基本上由制图专家完成。尽管目前广泛应用的是过程1,过程1也比较成熟,由于本文探讨的制图综合是在计算机分类后的图上进行的,因此,过程2更为重要。

那么,人类专家在制图综合过程中是怎样思维的呢?过程如图3。

推理机流程图

所谓推理机流程图在本文中实质上是图斑制图综合流程图,它是计算机对人类制图专家的模仿(图4)。

3 成图效果

应用所设计的程序对蒙古人民共和国乌布苏淖尔地区的TM分类图进行制图综合,得到了预期的效果,根据属性不同,去掉了一些图斑,合并到了相应的类型之中,使图清晰易读,反映了自然界的主要特征。

我们取图中一块 512×512 的图像,分别针对不同的比例尺进行了制图综合实验(表3)。

图版I图5是未经处理的TM分类图像原图(局部: 512×512 栅格大小),可以看出图斑比较杂乱,细碎部分较多,需要进行制图综合。

图版I图6是对图版I图5按1:5万的标准进行制图综合之后的图像,显然,细碎的图斑被去掉了,并且按知识库中的知识合并到了类型相近的图斑之中,同时,图斑边界变得较为光滑,从属性和几何

表3 不同比例尺制图综合实验结果

Table 3 The result of cartographic generalization on multiple scales

比例尺	原图	1:5万	1:10万	1:20万
舍去的点数	0	6—20	10—40	30—100
图上面积/mm ²	0.0	8.6—28.8	3.6—14.4	0.9—9.0
图示	图5	图6	图7	图8

两个方面达到了制图综合的目的,取得了较好的效果。

图版I图7是对图版I图5按1:10万的标准进行制图综合之后的图像;图版I图8是对图版I图5按1:20万的标准进行制图综合之后的图像,结合表3可以看出,随着比例尺变小,舍去图斑的点数越来越

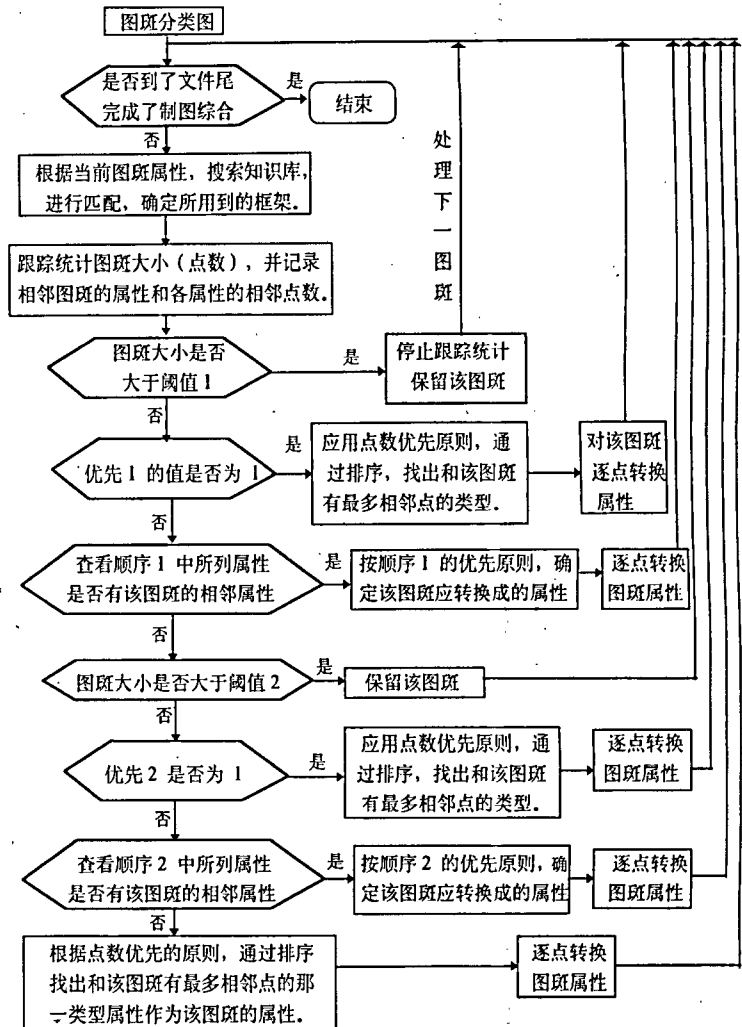


图4 推理机流程图

Fig.4 Illustration of reasoning machine

多,面积越来越大,图斑边界越来越光滑,较好地模拟了人工制图综合的过程。

4 结论与展望

(1) 从已取得的结果来看,这项研究完全达到了预期的目的。

● 可以根据图斑的属性不同,重要性不同,设置不同的取舍阈值。和制图人员手工制图综合时的作法基本上一致。

● 对要舍去的图斑,既可按属性相近优先的原则合并,也可根据具体情况,按点数优先的原则合并。

● 相同属性的图斑相距很近时(如1个像元),可使其连通合并成一个大图斑(注意,这里的合并和前面指的合并意义不同。这里指距离接近,属性一致的图斑连通;而前面指相邻的、属性不同但相近的图斑合并)。

● 对边界在一定程度上进行了光滑处理。

(2) 有以下不足之处:

● 知识获取方面:要求用户在建立规则库以前,了解知识的表示结构,知识库中各项的意义,以便能以填表的形式表达知识。对了解知识表示结构的用户极为方便,对不了解的用户却有一定的困难。改进的办法是以用户乐于接受的方式,友好的界面,通过大量人机对话建库。这种改进也许会使了解知识表示结构的用户觉得繁琐,因此,应设计两种方式不同的知识获取模块,使两种情况不同的用户都得到满足。但是,这一不足并不影响程序的使用,因为一般在很短时间内就会了解和熟悉知识表示结构。

● 解释接口透明性差。原因有两个:一是遥感数据数量大,要求处理速度快,不可能对程序中的每一步都设计解释功能,否则会大大影响数据处理速度。二是推理及知识表示的原理较易理解,没必要步步解释。但是,可以对知识库中的知识和一般性的推理过程作出解释,以使用户了解推理全过程,增加对程序的信任。

参 考 文 献

- 1 R. A. 肖温格. 遥感中的图像处理和分类技术. 北京:科学出版社, 1991.
- 2 张文星, 张晓春. 地图制图与专家系统. 地图, 1990, (4), 1991, (1).
- 3 江斌. 地图设色专家系统初探. 地图, 1991, (1).
- 4 黄可鸣. 专家系统. 东南大学出版社, 1991.
- 5 黄可鸣. 专家系统导论. 东南大学出版社, 1988.
- 6 J. 阿尔迪, M. 库布斯. 专家系统:概念和实例. 上海:上海科学技术文献出版社, 1988.

作 者 简 介

周春平,男,1966年9月出生,讲师,1992年毕业于北京大学遥感与地理信息系统研究所,获得硕士学位;1993年在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,1996年获得博士学位。现在北京大学遥感与地理信息系统研究所做博士后工作。主要从事遥感、全球变化及GPS车辆导航系统的理论和技术研究。在国内外各级学术刊物上共发表论文20余篇。

Generalization of Remote Sensing Image Based on Artificial Intelligence

Zhou Chunping Yin Lianwang

(Inst. of Remote Sensing and Geographic Information System, Peking University, Beijing, 100871)

Abstract Generalization of Remote Sensing Image, which is called image post-processing in some references, is an essential step to output thematic map of CAM by using RS image. Template and filtering is often applied to remove little polygons and smooth boundary. But it can not consider the properties of the polygons and their different importance of each type, therefore it could not meet the needs of the generalization. Based on the artificial intelligence, this article imitates mapping worker's process of generalization of RS image. By using the knowledge expressing method of frame, an experimental knowledge base was built and a reasoning machine was designed. In addition, a satisfactory effect was obtained form the experiment based on the TM classified map of the People's Republic of Mongolia.

Key words Remote sensing image, Polygon, Cartographic generalization, Artificial intelligence

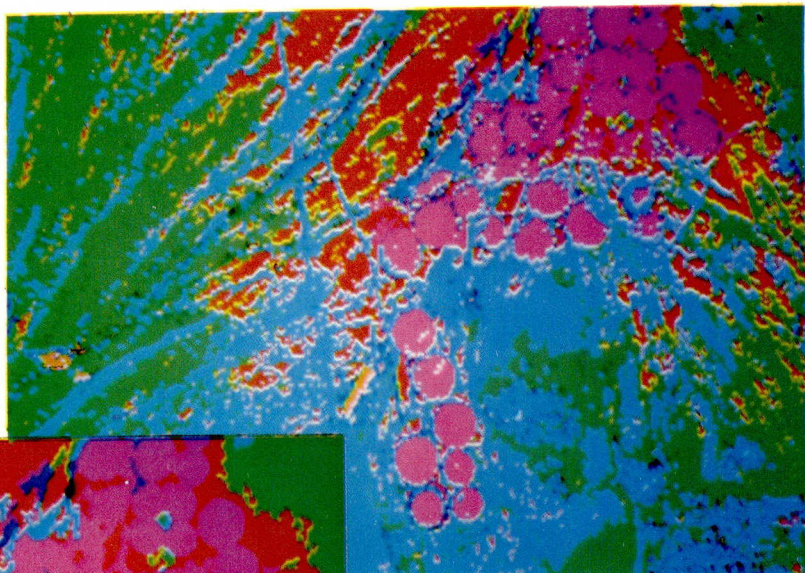


图 5 未经处理的原图(局部)

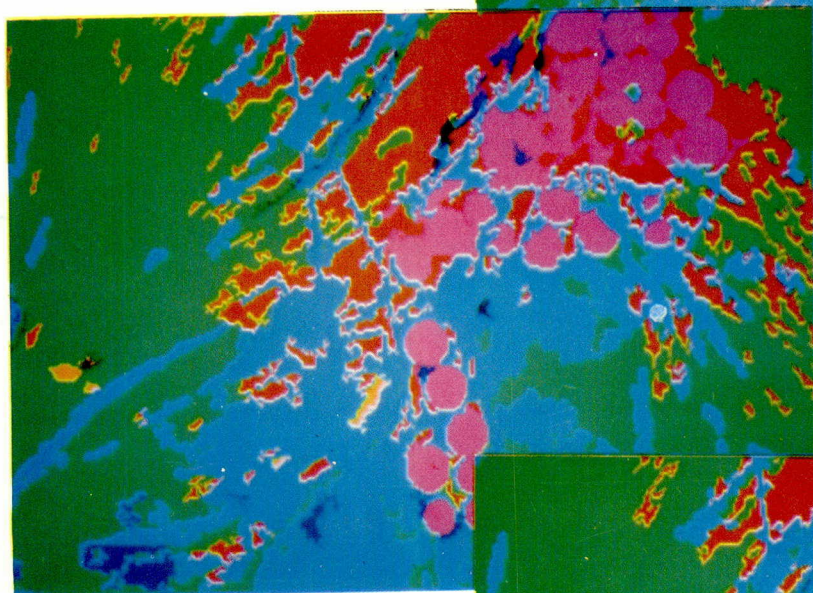


图 6 按 1:5 万的标准综合之后

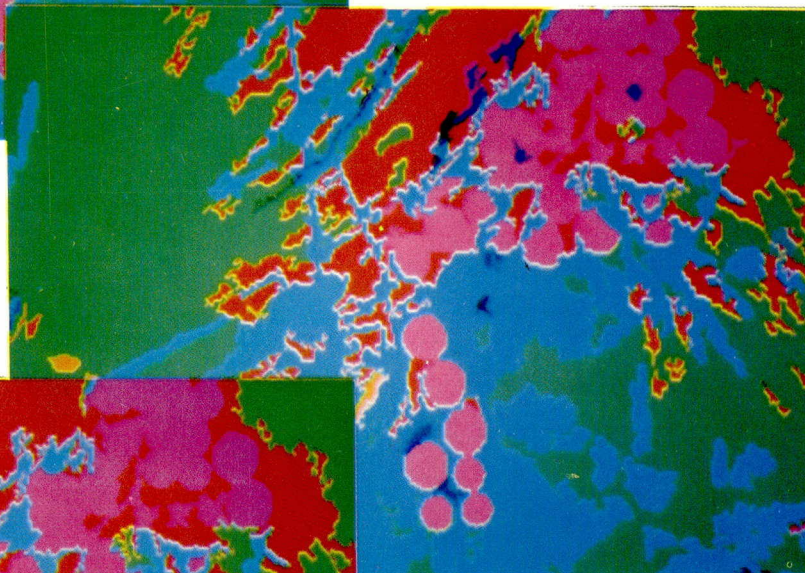


图 7 按 1:10 万的标准综合之后

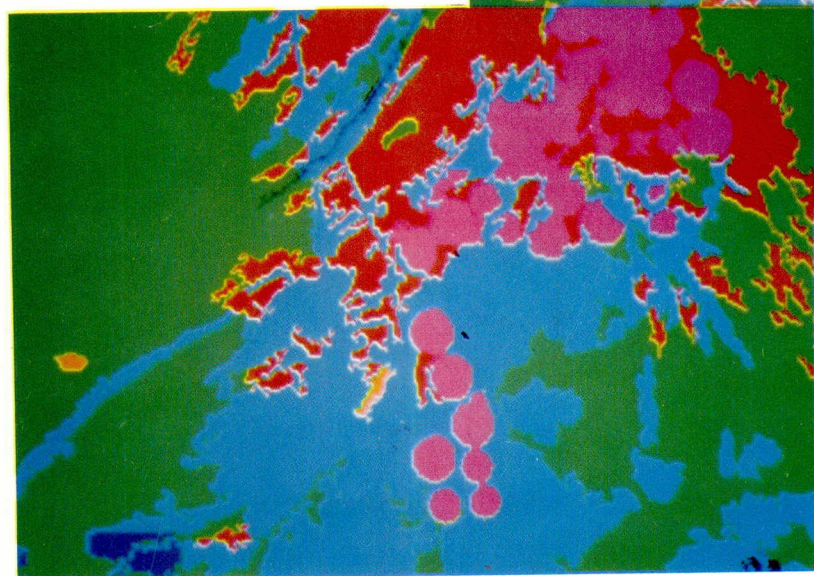


图 8 按 1:20 万的标准综合之后