

测绘科技专著出版基金资助

地图扫描影像自动 识别技术

Ditu Saomiao
Yingxiang Zidong
Shibie Jishu

傅仲良 著

.7

测绘出版社

测绘科技专著出版基金资助

地图扫描影像自动识别技术

傅仲良 著

测绘出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书从工程技术的角度系统、详细地叙述了全要素地形图扫描影像自动识别的全过程机理和方法。全书共分七章。第一章是引言;第二章分析了地形图的人工阅读机理,提出了一种地形图目标模型和从地形图扫描影像提取地面目标信息的计算模型;第三章从现代人机工程学观点出发,分析了地形图计算机识别系统中的人机作用和特点,提出了人机协同的处理策略,设计了人机协同处理的技术过程和系统结构;第四章讨论了地形图扫描影像的拼接和分割、彩角地形图影像分层、图文分离等问题;第五章讨论了点状符号的自动识别与定位;第六章在人机协同处理的框架下,设计了线状符号提取的人工引导技术,并具体给出了几种线状符号的提取算法;第七章介绍了人机协同的地形图扫描影像处理系统,并以实例验证所述理论及技术方法的正确性和可行性。

本书可供计算机视觉、数字图像处理、模式识别与测绘等方面的研究人员以及高等院校有关专业的师生学习参考,也可供从事各种工程图纸的自动识别系统开发和地形图数字化生产的工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

地图扫描影像自动识别技术/傅仲良著. -北京:测绘出版社,2003.5
ISBN 7-5030-0976-4

I. 地… II. 傅… III. 地图编绘-扫描数字化
IV. P283.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 74625 号

测绘出版社出版

社址:北京宣武区白纸坊西街3号 邮编 100054

E-mail:ccph@pubiic. bta. net. cn

三河市艺苑印刷厂印刷·新华书店经销

2003年8月第1版·2003年8月第1次印刷

开本:148×210 1/32·印张 6.375

字数:169千字·印数:0001—4000

定价:18.00元

序

目前人们在不同领域以多种方式使用地图。学校把地图作为地理教育的重要工具；旅游、交通、邮政、通讯依靠地图进行定位；土地管理、资源开发、农业区划、城市建设利用地图作为规划设计的基础；防洪救灾、社会管理和经济计划把地图作为重要的决策信息源。总之，地图用量的不断增加及用图水平的不断提高，说明经济社会的现代发展越来越需要在三维地理空间上精打细算。

假如我们把全部地图都数字化输入计算机，则地图的应用将有量与质的飞跃：

1. 借助计算机的智能工具使地图信息智能化。

一张纸图信息再丰富、图面再漂亮，总还只是个“哑巴”。若问某村在哪里？这方圆百里有几家医院？则无以对答。但是，计算机上的数字地图（或地理信息系统）则可以回答这些问题，而且还能进一步做各种空间分析。

2. 可以通过网络通讯传遍千家万户，以多媒体形式适应老幼各阶层，从而实现地理信息得到全社会的共享，使地图这一社会公益的信息资源得到最充分的利用，成为人类进入信息社会首当其冲的信息需求。

付仲良博士是我国较早从事地形图扫描数字化研究的学者之一。他在线划自动跟踪、线符自动分割、地图彩色分层等方面作了大量的探索工作，发表过多篇很有价值的研究论文。时至今日，这些研究成果已被广泛采纳于商品化的软件中，但软件手册中往往只讲述操作而不讲述原理，更不讲述问题。讲透这些原理和问题，对于大学

生、研究生、生产一线的工程师和有心知其然并知其所以然的作业技术人员,显然是至关重要的。只有大家都悉知原理,才能展开进一步的探讨和改进,把今日还处于半自动化的图纸读取系统改进到将来的全自动化系统。

林宗坚

一九九九年十二月

前 言

自美国副总统戈尔 1998 年 1 月 31 日提出“数字地球(Digital Earth)”的概念后,在许多国家引起了积极的反响,我国科技界也十分关注。“数字地球”是指信息化的地球,是地球的虚拟对照体,是信息科学、空间科学与地球科学交融的产物,是基于科学构想的政治经济战略。“数字地球”将如同“信息高速公路”一样为产业发展带来挑战与机遇。测绘与电子信息产业将是首当其冲的前沿阵地。“数字地球”包括三个重要的组成部分:信息的获取、信息的处理、信息的应用。而信息的获取是其基础。“数字地球”科学体系的核心是地理信息系统(GIS)和信息传输网络。

地形图数据是 GIS 的重要数据源之一。长期以来,纸质地形图是最重要的空间信息载体,对现有的纸质地形图进行数字化是 GIS 信息获取的一个重要途径。随着计算机软硬件技术的发展以及 GIS 技术的发展和应用的深入,传统的手工输入方式在速度和精度等方面已明显不能满足日益增长的需要,地形图的数字化已成为当前 GIS 技术应用发展的一个重要环节,研究高精度、高效率的地形数字化方法势在必行。

计算机视觉、图像处理、模式识别、人工智能等学科的发展以及高速大容量计算机和高质量图像扫描输入设备的出现,使实现地形图的计算机智能输入成为可能。但是,目前面对广泛应用的复杂性,计算机视觉的发展也遇到了困难,研究进展缓慢,其理论研究也正处在探索和形成中。而对于地形图识别这一特定问题,发展专用算法或集成现有各种算法,借助人机协作,面向实际应用,开发高效率的地形图识别系统,应是解决问题的一条可行的途径。

本书的目的就是试图采用图像处理、计算机视觉、模式识别、影像理解等领域的最新理论和技术,从人机系统工程角度,分析、讨论

全要素地形图扫描数字化和信息提取的全过程机理和方法;探索一条计算机视觉理论、人工智能与人机工程学相结合的新路;发展一系列的面向地形图扫描识别的专用算法。主要研究内容包括;建立一种地形图目标模型和从地形图扫描影像提取地面目标信息的计算模型。针对当前地形图扫描影像全自动处理所存在的困难,从现代人机工程学观点出发,结合地形图计算机识别系统中的人机作用和特点,提出一种人机协同的处理策略,设计人机协同处理的技术过程和系统结构,并对地形图扫描影像的拼接和分割、彩色地形图影像分层、图文分离、点状符号的自动识别与定位、线状符号提取的人工引导技术等问题进行分析和讨论,发展一系列的处理算法;并通过大量实例验证所述的思想策略和技术方法的正确性和可行性。

本书是根据作者在武汉测绘科技大学(现已并入武汉大学,下同)所完成的博士论文,综合大量国内外文献和近年来的科研成果而写成。其主要对象是工科院校相关专业的研究生、高年级本科生以及从事影像识别研究的专业人员、系统开发和数字化生产的工程技术人员。

本书的原稿博士论文得到了我的导师、中国测绘科学研究院院长林宗坚教授的悉心指导,并对本书的出版给予了热情的鼓励和全力的支持;原华中理工大学柳健教授、武汉测绘科技大学边馥苓教授,宣家斌教授对本书提出了大量的宝贵意见;武汉测绘科技大学研究生部也为本书的出版提供了许多帮助。作者在此表示衷心感谢。

目前,随着计算机视觉、影像分析等技术的迅速发展,在本书的原稿博士论文的完成到本书出版期间,地形图扫描影像识别的新的研究成果不断出现。因此,本书无法囊括一切。加上作者水平有限,书中疏漏和错误在所难免,敬请读者批评指正。

傅仲良

1999年9月于武昌

目 录

第一章 引 言	(1)
§ 1.1 目的和意义	(1)
§ 1.2 地形图图纸自动读取的历史和发展现状	(3)
§ 1.3 研究内容	(9)
第二章 地形图阅读机理及图纸扫描影像处理模型	(12)
§ 2.1 人工读图机理	(12)
§ 2.2 从地形图图纸扫描影像提取地面目标信息的计算模型·····	(17)
§ 2.3 本章小结	(22)
第三章 地形图图纸处理的人机协同策略及系统设计	(23)
§ 3.1 全自动化道路上的困难	(23)
§ 3.2 地形图识别系统中的人机系统工程问题	(25)
§ 3.3 人机协同处理策略及技术过程设计	(30)
§ 3.4 地形图识别处理的人机协同系统结构	(34)
§ 3.5 本章小结	(43)
第四章 地形图图纸扫描影像的预处理	(45)
§ 4.1 图纸的扫描、纠正、拼接与影像灰度分割	(45)
§ 4.2 基于模糊 Kohonen 网络的彩色地形图分层	(60)

§ 4.3	线状符号与点状符号的自动分离·····	(95)
§ 4.4	本章小结 ·····	(105)
第五章	地形图点状符号的自动识别与定位·····	(107)
§ 5.1	点状符号及其传统识别方法的分析 ·····	(107)
§ 5.2	基于复合神经网络的识别方法 ·····	(111)
§ 5.3	点状符号的定位 ·····	(125)
§ 5.4	本章小结 ·····	(136)
第六章	地形图线状符号的处理·····	(138)
§ 6.1	线状符号识别的问题 ·····	(138)
§ 6.2	人工引导技术 ·····	(139)
§ 6.3	房屋信息的提取 ·····	(141)
§ 6.4	道路信息的提取 ·····	(151)
§ 6.5	陡坎符号的提取 ·····	(158)
§ 6.6	河流与等高线信息的提取 ·····	(162)
§ 6.7	本章小结 ·····	(168)
第七章	实验系统与实验结果·····	(170)
§ 7.1	硬件环境 ·····	(170)
§ 7.2	软件组成 ·····	(171)
§ 7.3	实验结果 ·····	(175)
§ 7.4	本章小结 ·····	(181)
第八章	结 论·····	(182)
参考文献 ·····		(185)

第一章 引言

§ 1.1 目的和意义

图纸是工程技术界长期以来用以表达、记载与交流信息的一种重要媒介。地形图(Topographic Map)是最常用的用以表达地球表面自然地理和人文地理信息的图纸。它是以一定的规则、用线状、点状和面状三种要素符号组成的,含有丰富的自然、社会信息的特定图形集合,是人类经济社会活动的重要工具之一。许多学科如地球科学、环境科学、地理学、土壤学、地质学以至管理科学等都离不开地形图。在国民经济建设中,各种建设如城市、工业、交通等的规则、设计与管理;各种工程如铁路、公路和水利的勘查、设计与施工;各种资源如石油和煤矿资源等的勘查设计与开发等也都离不开地形图。在国防建设和军事指挥中,也无不使用地形图。

随着计算机应用技术的发展,特别是工程 CAD 和地理信息系统(GIS)的迅速发展,纸质地形图(Paper Map)已明显不能适应科研、建设和军事现代化的需要。一种由数字存贮代替纸质存贮,由计算机进行控制、管理、显示的数字地形图(也称电子地图, Digital Map)逐步成为各种自动化系统的重要组成部分。表 1.1.1 列出了数字地图可能的应用领域。

生成数字地形图有三种途径(见图 1.1.1),第一种途径是数字测量,这包括 GPS、DPS(即数字摄影测量)和 RS 技术的应用。从本质上讲,摄影测量是一门空间信息的获取、分析、处理和应用的学科,它研究如何从影像中获取空间物体的几何物理属性,传统的摄影测量通常将这些信息以纸质图解方式表达(如纸质地形图)。摄影测量

表 1.1.1

应用领域	应 用 项 目
地理信息处理	1. 城市规划 2. 地域规划 3. 土地利用 4. 水系管理
环境管理	1. 森林 2. 海洋 3. 自然环境 4. 公害控制 5. 综合环境管理
资源管理	1. 土壤 2. 矿物 3. 石油 4. 水资源 5. 农牧渔
土木建筑	1. 房地产 2. 道路 3. 地图制图 4. 国土规划
灾 情	1. 地震 2. 洪水 3. 火山 4. 综合灾情预防
市场、销售	1. 顾客管理 2. 市场设置 3. 商品管理
设施管理	1. 道路 2. 网管 3. 电话
其 它	1. 旅游 2. 急救 3. 特殊目标跟踪

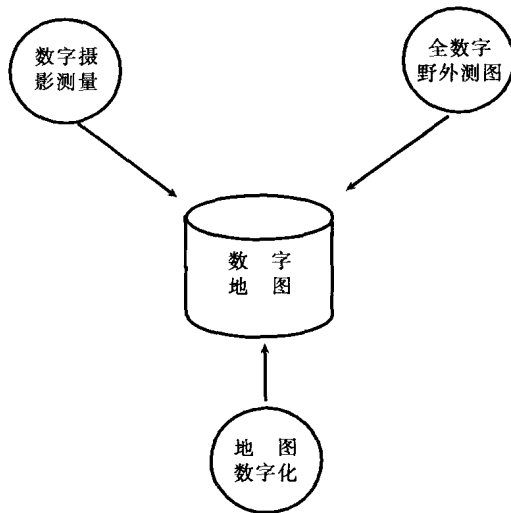


图 1.1.1 数字地图的获取途径

发展到今天的数字摄影测量(Digital Photogrammetry),它利用的是各种数字处理技术,从而由数字影像获得数字产品,并按数字方式存贮与传输;第二种途径是全数字野外测图;第三种途径是从现有地形

图图纸获取地图数据。从发展趋势看,前两种情况是数字地图的主要获取途径,但是,现有的大量地形图是前人劳动和智慧的结晶以及人们在作业、存贮等方面的习惯性,纸质地形图将在相当长时期内仍是地理信息系统的主要的信息和数据来源。

长期以来,在地形图图纸的数字化输入方面,传统的借助于数字化板等工具的手工输入方式一直占据着主导地位。这种方式速度慢,因人的手眼疲劳而易出错。随着 GIS 技术的发展和应用的深入,大量的地形图急待数字化,传统的数据输入方式在速度和精度等方面已明显不能适应这一发展趋势,地形图的数字化已成为当前制约 GIS 技术应用发展的一个瓶颈,迫切需要研究一种用自动化技术代替人工数字化的作业方式。

计算机技术、计算机视觉、图像处理、模式识别、人工智能等学科的发展以及高速大容量计算机和高质量图像扫描输入设备的出现,使用计算机智能输入地形图开始成为可能。

本论文的目的就是给计算机安装一个智能眼睛,让计算机自动或半自动化地读取地形图的线划与符号,实现地形图的智能输入。具体来说,就是通过影像扫描装置将线划地形图转换成数字影像送入计算机,采用图像处理、计算机视觉、模式识别、影像理解等方法,将地图影像上的线划、符号和字符等转换成地理信息编码,即数字地图(Digital Map)。

§ 1.2 地形图图纸自动读取的历史和发展现状

图纸读取是计算机视觉(Computer Vision)和模式识别技术(Pattern Recognition)的一个重要应用领域。早在 60 年代就已开始了图纸读取技术的研究。在这一时期,这一研究仅限于文字识别(OCR),因为当时人们认为文字处理任务较为繁重并且容易取得成功,但是,由于当时的技术条件的限制,文字识别工作在取得初步进展以后由于面临一些无法克服的困难而停止不前,人们开始将兴趣

转入模式识别的其它领域,如影像理解、三维目标识别等。

进入 70 年代以后,由于计算机视觉技术、模式识别技术以及计算机硬件、图纸扫描装置等的发展,图纸读取技术的研究成为人们可望取得较大成就的领域,这一研究重新日趋活跃。文字识别取得了初步成果,一些文字识别系统研制成功,图形识别也开始引起人们的注意。1972 年 M. Ejiri 等首先提出用计算机智能输入规划图;1974 年 H. Freeman 也提出采用计算机处理线划图,并介绍了二值线划图的处理流程,对线划的链码表示方法进行了详细讨论。1977 年贝尔实验室在 Jarvis 的领导下,在世界范围内最早开展了对逻辑电路图自动输入的研究。当时他们的系统采用的是模板匹配方法提取直线线段,并且只能处理由 4 个方向的直线段组成的特定符号,因此系统的速度和灵活性、实用性等都较差。

80 年代以来,由于 CAD/CAM 技术发展的需要,人们对图纸读取技术的研究投入了更多的精力,针对工程图、机械图、电路图、流程图等图纸的读取系统和算法不断出现[H. Bley,1984;W. KiKkawa,1984;M. Ejiri,1984;Smith,1987;S. H. Joseph,1989;俞斌,1989;A. J. Filipshi,1992]。在这一时期,高速大容量计算机的出现为系统的存取和处理提供了强有力的手段,使图纸读取技术的研究不断朝着实用化方向发展。人工智能随着知识工程、专家系统的出现逐步走向实用,人工神经网络由于其传统方法所不具备的优点以及一些切实可行的算法模型的出现而重新复活,使图纸读取系统智能化程度大幅度提高。

在摄影测量界,测绘图纸自动读取技术的研究开展得比较晚,迫于 GIS 数据输入的需要,从 80 年代中期开始,这一问题才引起人们的重视,越来越多的学者投入到这一研究领域。

作为 GIS 数据输入的主要手段,地形图的数字化方法在其发展过程中,经历了以下几个主要阶段:

1. 在数字化板上的完全人工数字化。由于这一方法的通用性、价格低,所以是目前使用最为广泛的方法。但是其太费时,精度依赖

于作业员的熟练程序,并且会产生大量难以避免的错误,对后续处理造成困难。这一方法通常依赖 CAD 软件,如 AutoCAD、ARC/INFO 中的数字化功能。

2. 基于栅格扫描影像的屏幕人工数字化。这一方法由于采用了矢量与栅格影像的叠加技术,从而避免了大量错误的产生,但它仍然具有作业效率低等缺点。这一类软件有 AutoView。

3. 计算机自动识别数字化。这一阶段标志着地形图图纸读取技术研究的真正开始。由于地形图的复杂性,人们在这一阶段采取了两个步骤:

a. 单要素地形图图纸的自动识别。所谓单要素地形图是指地形图某一要素的分版图或者是人工去掉具有多种要素的地形图上的其他要素而只识别其某一种要素,如等高线、河流、道路、房屋、符号等。这样避免了各样要素相互之间的干扰和影响。在这一阶段,由于技术条件的限制,对于线状要素只是实现了其自动提取、跟踪和矢量化。1990 年 R. Kasturi 介绍了其线划解释系统,该系统着眼于线划的识别,对文字注记只作分离而不识别。K. Kamada 等[1991]利用人工方法去掉符号及等高线以外的其它要素,再利用计算机自动识别等高线。1991 年林宗坚等实现了对等高线地形图和土地利用图的自动数字化。

b. 全要素地形图的自动数字化。由于要素之间的相互干扰和影响,极大地增加了问题的难度。由于多种要素的存在,目标的自动识别除非语义信息的提取以外,还必须对目标进行分类。现有的系统大部分仅能处理几种要素,并且有些只能进行线划目标的提取而不能识别或只能识别具有规则几何形状的地物和简单的符号。

表 1.2.1 是近几年国外研制成功的几种全要素地形图图纸自动识别系统。

在地形图图纸自动识别方法的研究上,人们也进行了大量有益的探索。综观之,对图纸的分析处理过程,通常采取了如下几个步骤:

1. 影像分割；
2. 要素分离；
3. 矢量化；
4. 特征提取；
5. 要素识别。

表 1.2.1

产品型号	地形图	识别能力	自动化程度	生产时间	国别
MARIS	大比例尺	等高线、房屋、道路、铁路、水系	全自动	1990	日本
CAROL	大比例尺	点状符号、文字(串)、晕线区域、虚线	全自动	1991	德国
MAPVISIN		建筑物边界线 道路、河流	全自动 半自动	1991	日本
CIPLAN	城市 地形图	房屋、道路	全自动	1991	法国
NSXPRES		简单图形、字符	全自动	1987	美国
TRACER		矢量化、数字、英文字母	半自动 全自动	1993	美国

影像分割是图像处理中研究较多的内容之一,但主要是针对区域影像。线划图影像分割的目的是提取线划要素,使用的方法主要有两种:二值化和线划跟踪。二值化由于受阈值的影响,往往容易产生线划的断裂和冗余信息(即噪声);线划跟踪实质上也是一种局部二值化过程,但是由于它利用了多级灰度和方向等多重信息,在程序上避免了更多噪声和断裂的产生,但对短线和由短线组成的字符处理效果不佳。近几年,随着扫描设备质量的提高,影像质量和二值化效果都有较大的改善。

要素分离的目的主要是分离线状图形要素和点状字符,也称为图文分离。人们提出了许多方法,如组合符号匹配算法[W. H. Chen,等 1980],图块分割技术[F. M. Wahl,1982],模糊化的游程长

度方法等,但这些方法对于图形和点状符号都具有一定的限制,对于图形和字符粘连时更是一筹莫展。

矢量化是地形图图纸读取技术的必不可少的一步,因为地形图自动数字化的目的就是将栅格数据转换成矢量形式。目前,矢量化算法在一般情况下都能适用,但是,在一定的存贮空间和时间限制下如何进行大幅面图纸的矢量化处理是其所面临的主要问题。

特征提取就是提取目标的拐点、交叉点、端点等特征点,计算方向、曲率、线长、线宽等目标形状参数。特征提取是要素识别的基础。文献[R. Kasturi,1988;L. O'Gorman,1988]中介绍了几种特征提取方法。

要素识别是一种语义信息的提取,它包括线状图形要素和点状符号的识别。点状符号的识别类似于 OCR。OCR 经过多年的发展,已出现许多有效的识别方法,并且研制出实用系统。但是,地形图点状符号由于其自身的特点,现有的 OCR 方法并不适用。地形图点状符号的大小、方向和间隔不固定,自动识别相当困难。直接针对地形图点状符号识别方法的研究直到近两年才开始[N. Ehi, 1990;刘峥,程相君,1992;周源华等,1994]。线状要素的识别是地形图自动识别中最困难的一步。目前已有一些学者开始了这一研究,A. Yaguchi[1988]着眼于平行线矢量对识别中比例尺地形图上的道路,S. Suzuki[1987]利用判别闭环形状的方法识别房屋,着眼于曲线出现的宏观周期性检测识别等高线。也有人通过掌握和描述地形图中图形的相互关系,利用知识处理技巧来识别地形图[N. Ebi,等 1990],但目前这一研究只是处于尝试阶段,随着人工智能的进步,今后可望有更大的发展。对于是在栅格数据上还是在矢量数据上进行识别处理,对处理系统的处理方式有很大影响,对此人们有不同的看法[蒋庆全,1989;OEEPE,1990]。最近,从处理速度方面和通用计算发展趋势来看,许多人倾向于在矢量数据上进行处理。

上述处理方式是一种从低到高的视觉过程。但也有些系统连接低水平处理与判读(高水平处理)来避免低水平处理的错误,增强线

特征的提取功能[林宗坚,1991]。

地形图数字化的全自动化是地形图数字化的最终目标。在现阶段,由于计算机视觉、人工智能、模式识别等技术的发展距离全自动的目标还很遥远,人们在经过一段曲折的探索道路以后,基本上对半自动是现阶段地形图数字化的必经之路的认识取得共识。最有趣的是 S. Suzuki 在 1987 年介绍了他的全自动化系统,在 1990 年又宣布他的系统为半自动化系统。尽管如此,人们在如何利用半自动化技术上各有不同。MARIS 系统通过重叠显示原图与识别结果由操作人员人工交互改正全自动化识别的错误[S. Suzuki, 1990], Gülch [1989]将人机对话引入识别功能,采用人工引导技术提取影像目标。

表 1.2.2

系统	硬件平台	功 能	特 点	自动化程度	时间	图类纸型
ANNO (清华大学)	IBM 平面扫描仪	二值化、细化、线条滤波、直线提取、噪声滤除、弧分离和识别、矢量化、矢量文件格式转换	可区分不同的实域与区域 分线线心	全自动	1992	工程图 未考虑符号注记
FPS (长沙矿山研究所)	IBM 二值扫描仪	细化、跟踪矢量化、矢量数据拓扑结构生成	输入人像值为二值图像	半自动	1993	针对线划图和考虑符号注记
PICIN (国测局研究所)	IBM 平面扫描仪	二值化、细化、栅矢量化、转换、矢量化、矢量数据拓扑结构生成	可直接转换为 DWG DXF 格式	半自动	1993	线划图
306-MAP (西安电子科技大学)	IBM 平面扫描仪	二值化、彩色分层、矢量化、水系道路、等高线、植被、居民点、点状符号	能动态显示、标注、识别、地物、文字和符号	半自动	1992	单线或彩色地形图

在国内,由于应用的需要,80 年代末期,人们才开始地形图读取技术的研究,并且取得了较快的发展,短短几年,图纸读取系统如雨