

微型计算机在地理制图教学上的应用

王泽深 黄广耀 朱剑如 黄钧尧

(中山大学地理系)

(香港中文大学地理系)

提 要

本文介绍了微机制图的三种类型:字符方式,图案方式及晕线方式的分级统计图软件包的设计。由于本软件最终由打印机输出图形,能使自动制图的教育与普及有所促进。

七十年代随着微型计算机的出现,计算机技术迅速发展。目前,由于微机制图软件落后于硬件,致使自动制图的普及缓慢。本文介绍的微机分级统计制图软件应用APPLE II,并且所有程序均用BASIC语言,易学易用;用打印机作最后输出而无需绘图仪,因此便于推广,有助于机助制图的教学与应用。

推广微机制图的主要障碍一是微机内存小,这一点将通过大量应用随机数据文件来解决;另一为大部分用户不具备绘图仪作为外围设备,但APPLE II及新一代的微机都有高分辨率制图的功能。且能从打印机输出屏幕图形的硬拷贝。

本软件选择中国分省图作为分级统计图的底图,以三种方式来绘制分级统计图,即:1.字母方式,是机助制图的原始方式,具有成图速度快的优点,且在普通打印状态下输出,(即在不具备高分辨率制图功能的计算机如TRS-80上也能打印出图形);2.图案方式,属扫描式的屏幕制图;3.晕线方式,属矢量式屏幕制图。

一、程序结构和数据文件

(一) 程序结构

APPLE II小型系统只有48K内存,当处于高分辨率制图状态时留给用户的内存就十分有限。为节省内存,底图数据全部以数据文件的形式放在磁盘上。当然,采用数据文件的另一好处是保持数据对于程序的独立性,即一份程序可以调用不同的数据文件,而同一数据文件又可以为不同的程序提供数据。本制图软件的另一结构特点是涉及程序较多,为方便用户,设计了一个总控程序。执行此程序时,屏幕立即显示三类分级统计图的清单,用户即可通过人机对话的方式选择执行所需绘图程序。

(二) 数据文件

本绘图软件涉及的数据文件较多,但都是描述底图用的。就中国一幅而言,共用了四个文件,按照本软件绘图程序的需要,四个文件均采用随机数据文件。APPLE I 的随机文件,需要由用户指定文件名,记录长及每个记录的项目数(每个项目的名及字长不必指定)。现在简述每个文件的数据结构。

第一个文件用在字母方式的程序中。总记录数决定于整幅图所覆盖的字符的行数,本图为37行,故需37个记录。考虑到每个扫描行经过的行政区不超过11个,我们把每个记录的项目数定为22,每两项作为一组,分别记录每个行政区的代码及该区最右边一个字符所在的列数。例如,中国分省底图的第一个记录为: 0, 60, 5, 62, 8, 66, 0, 0……其中0, 60表示中国以外的区域是从第一列起至60列止。5, 62表示代码为5的行政区(内蒙古)是从61列起至62列止。8, 66表示代码为8的行政区(黑龙江)是从63列起至66列止。以下的0表示67列以后进入中国以外的区域。

文件二用于边界及图案程序。由于APPLE I 高分辨率制图第一页的可见绘图区是由160条扫描线所组成,所以本文件设置了0至159个记录。类似于文件一,每个记录有15组数据,但由于要勾划出行政区边界,故每组比文件一多一个数据,用它来描述边界所占的网格单元数。

文件三为特征点坐标文件,只用在晕线程序中,它记录了每个特征点的X、Y坐标。在本试验用的数字底图中,共有409个特征点,对应着409个记录。由于坐标值不超过三位,故记录长定为8。

文件四为特征点系列文件,也是用在晕线程序中。它描述了各个行政区是由那些特征点围成的。每个行政区对应于一个记录。由于用了信息压缩的方法,尽管某些区的特征点多达数十个,仍可以把记录中所含的项目数定为11。

二、程序内容及原理

APPLE I 的高分辨率制图状态把整个屏幕分为 280×192 个网格单元。但网格数量毕竟有限,故分辨率还是较低的。如要绘制一张内容较多的地图,必须在绘图软件上加上开窗功能,把一幅图分成几部分来绘制。除此以外,屏幕制图还有如下两个特点: 1) 兼有矢量及扫描两种绘图方式,这也是屏幕制图的一大优点。屏幕矢量制图程序极易移植到笔绘图机上执行,且易于放大缩小。扫描式制图速度快,数据处理简单,但需预先准备的信息远多于矢量图,且不易放大缩小。2) 屏幕本身占用内存,这本来是缺点,但随之而来的优点是可以整幅图储存在磁盘中,形成机器语言文件。这对于专题制图非常有利,底图事先准备好,用时调入机器并显示于屏幕上,然后再迭加上专题要素,可使制图过程大大加快。

本文只限于分级统计图的研究。共提出三种制图方式,下面分别讨论其原理。

字符方式 以制作中国分省图为例。为了便于底图数字化,先将一张接近80列字符宽度的中国分省图描到透明纸上。再用程序控制打印一张每行都由0 1 2 3 4 5 6 7 8 9重复排列八次,长达数十行的纸。然后把透明底图蒙于其上,就可以从上到下,每行从左到右读取计算机底图数据。当扫描线从左到右碰到一个行政区时,先读取行政区代码,再读该区最

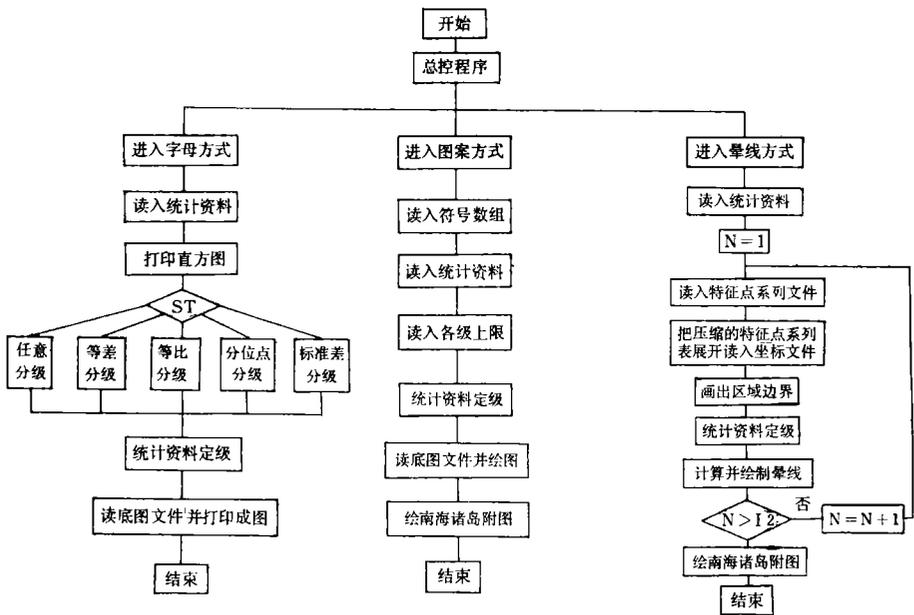


图 1 本软件简化框图
Simplified flow chart

后一个字符的列数。一行中所有行政区读完之后，就用零填满剩下的各项。然后用键盘输入读取的数据，建立数字化底图文件。当程序执行时，采取逐行处理的方法，即读入一行数据之后，马上处理并打印输出。这种方法能把占用的内存减到最低限度。具体算法是，在处理每组的两个数据时，首先挑出第一项数据所代表的政区的等级所对应的字符，然后从左边相邻那个区的最后一个字符的列数加1，到该组数据的第二项指示的列数为止，全部打上此对应字符就可以了。

本程序向用户提供五种分级方法。第一种为任意定级，由用户指定分级数及每级之上限。第二种为等差自动分级。第三种为等比自动分级。第四种为分位点自动分级，这种分级的结果能使属于每级的行政区数目尽可能相等。上述三种自动分级用户都只须指定分级数，计算机就会自动算出每级之上限，然后自动完成整幅图的制作。按照我们的设计，这里的分级数最多不能超过十级。第五种为标准差分级。当选择这种分级时，程序会自动求出平均值及标准差，然后自动取平均数以下两个标准差为第一级上限，以后每级依次增加一个标准差。第六级则以大于这组数中所有数的一个数为上限。即共有六级。这种分级方法具有明显的统计学意义，但要求个体较多且分布接近正态，这时第一级或第六级出现的几率就应在5%以下。本程序的第二个特点是帮助用户选择分级方法，程序还具有自动打印直方图的功能。这里直方图的分级方式是固定的，采用十级等差分级。在读入统计资料并打印出直方图后，才要求用户选择制图所用的分级方法。

图案方式 图案方式制图类似于字符方式，二者均属扫描式，区别在于它是在高分辨率状态下进行制图，故具有比字符方式更高的分辨率，例如本软件采用 2×2 个网格作为图案单元，而一个字符却占 7×8 个网格，故其分辨率比字符制图高14倍。粗看起来， 2×2

的单元只能表现四个等级。即第一级采用四点之中一点亮表示，第二级两点，依此类推。由于四种之中两点亮有几种排列方法，我们选择了其中区别比较明显的五个等级的表示，由低至高依次为

，我们用 0 与 1 表示屏幕上一个网格单元的暗与亮（对应于打印时的白与黑）。

如图 1 的框图所示，在程序开始处首先把这些由 0 和 1 组成的图案数据读入一个三维数组中，该数组的三个下标变量分别表示图案对应的等级以及行数和列数。跟着是读入统计资料 and 分级上限，由计算机定级。然后，类似于字符方式，采取逐行读入扫描底图，经处理后马上输出。但处理过程却比字符方式复杂，因为图案单位不能象字符一样，作为整体一次打印在屏幕上，而是需作逐点的判断。具体来说，当读入底图文件的某个记录时，因为一个记录对应于一条扫描行，程序就先判断此行的奇偶性。当从左到右进入某个行政区时，先提取该区所属级别的图案。然后逐点判断其所在列数的奇偶性。如果该点是处于偶行偶列则对应于图案单元的左上角点；偶行奇列，就用右上角点，其余两点类推。有兴趣的读者可把本程序采用的 2 × 2 网格的图案单元改为 3 × 3 个网格。相信会具有更强的表现力。

晕线方式 晕线方式是分级统计图的一种传统表示方法。无论从编码还是计算方法来说，都是几种方法之中最复杂的。晕线制图碰到的第一个问题是编码，这里有区编码与特征点编码。区编码当然应与统计资料的顺序尽可能一致。而特征点的数量及每个点的位置则是由设计者人为选定的。由于受到机器内存和图象分辨率的限制，因此要求我们不要，也没有必要选取过多的点。但要保持一个区的形状又要求我们选取的点不能过少。在中国分省图中，我们选取了 409 个点。特征点的代码一般可从边上的某个政区开始排，为清楚起见，各区应统一取顺时针向或反时针向排列。两个区的公共边只设置一次特征点。完成了点编码的工作之后，如果用户没有数字化坐标仪、可蒙上透明网格纸读取每个点的坐标；并以特征点坐标文件的形式存放于磁盘中。但这还不够，要让计算机知道某个区是由那些特征点构成的，

还要建立一个特征点系列文件。每个行政区对应于该文件的一个记录。而每一记录则包括围绕此区的所有特征点的编号。例如福建省是由 15 个特征点组成的多边形（见图 2）。特征点按代码的次序可分为以下三段，即 369-373，366-362，359-355 为节省存储空间和处理方便起见，我们以 1369，373，2366，362，2359，355，0，0……表示福建省的特征点系列，其中千位上的 1 和 2 分别表示此特征点系列是递增或递减系列。之所以在千位位设置此事务码，是因为此例的中国分省底图只有 409 个特征点。故用千位数不会妨碍特征点的排列和识别。

第二个问题是晕线的计算与绘制。简单来说，要画一条晕线，必先求得晕线端点的坐

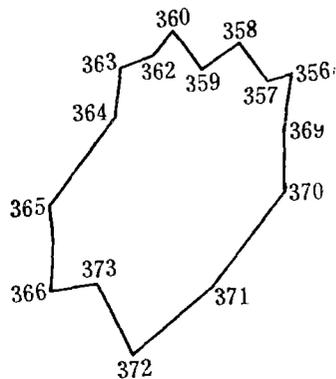


图 2 构成福建省的特征点及其编码
Nodes and their codes to form the
outline of Fujian Province

标。从数学上说，就是求解晕线与区域多边形相应边的交点。在算法上是这样来实现的：从特征点系列表我们知道某个多边形是由那些特征点构成的。第一步就是找出这些点中X的最小值与最大值。然后以X的最小值加上晕线间距作为第一条晕线的位置，以后每条晕线依次增加一个晕线间距，设某晕线为 $x = a$ ，如图3(1)所示。第二步是逐条检查区域多边形的每条边，看它两个端点的X值之间是否包含 a 。如果是，则求出 $x = a$ 与该边的交点。当碰到凹多边形时，这样得到的交点可能会超过两个(见图3(2))，而成对地增加到四个、六个或更多。在这种情况下，为了不至画错，还要增加一个步骤：把这些交点按Y值的大小重新排列。然后连结1、2点，3、4点……直至画完一条晕线。当晕线的X值超过该多边形X的最大值时，循环过程结束，转入下一个多边形。

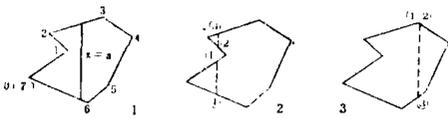


图 3 晕线的计算及处理

Calculation and processing of shading lines

- (1) 判断晕线与多边形的哪条边相交
- (2) 交点多于两个的情况
- (3) 交点经过特征点

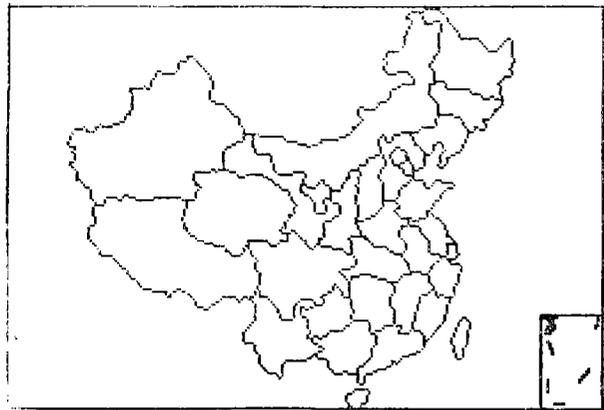


图 4 中国分省边界图(阳象)

Positive version of the boundaries of China

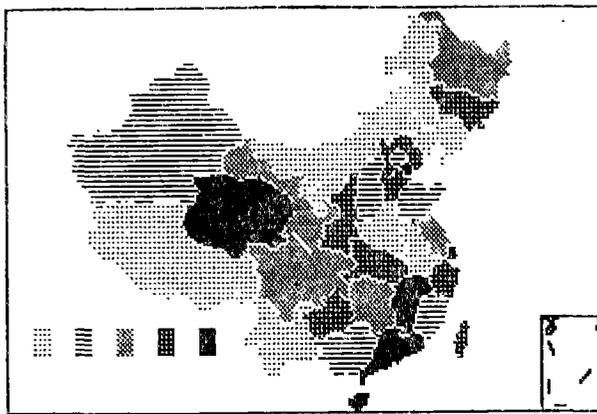


图 5 图案方式的中国分省分级统计图

China choroplethic map drawn by point patterns

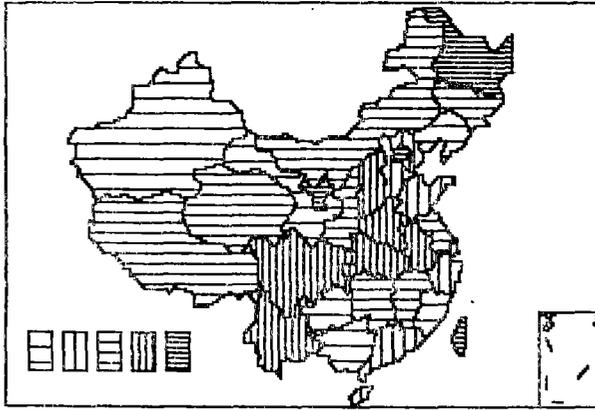


图 6 晕线方式的中国分省分级统计图
China choroplethic map drawn dy shading lines

三、讨 论

为检验上节的程序，笔者先后以虚拟的统计资料，分别以字符方式、图案方式及晕线方式绘制出分级统计图多幅；图 4、5、6 分别为中国分省图（阳象）、图案方式以及晕线方式绘制的中国分省分级统计图。各图互有优劣，以下略加讨论。

以上各图，从美观的角度来看，高分辨率图形胜过字符方式，且分辨率也较高。在图案及晕线两种屏幕制图方式中，由于我们选用较小的图案单元，并且是在二维上重复出现的，故不致象晕线图那样，有的地方分不清是晕线还是行政区边界。但是晕线图亦有其独到之处，一是可以放大缩小，二是略为改动即可用于绘图仪，三是底图数据量减少。从消耗机时来看，则以分辨率最低的字符方式最快，图案次之，晕线最慢。但后者亦不过是几分钟的时间。

本绘图软件之主要功用之一在于教学示范。使低年级的学生对微型计算机的绘图功能及其在地理上的应用增加感性认识。高年级学生在具备一定的计算机基础知识之后，也可以深入一步，研究流程图及程序，对程序加以发展或制作新的底图。这在大学地理教育方面尤为重要。而地图学亦应在讲授人工制图之外，增加计算机制图部分，并由学生亲自操作，加强这方面的训练与认识。

本软件之主要对象在于教学方面，但其功能亦不限于教育。对于一般规模较小的地理研究或规划部门也有一定的作用，而由图案或晕线程序所绘出之地图，其美观程度已足以供一般出版之用。

根据已经进行的相当广泛的试验，笔者认为：微机制图，尤其是屏幕制图有着极大的潜力及推广价值。只要我们能掌握好屏幕制图的特点，又充分利用随机数据文件，在缺乏绘图仪的情况下，也能绘制出等值线图、符号地图，用范围法和质底法表示的各种地理要素分布图等等。在教学和科研工作中，大型计算机绘图系统和微型电脑绘图系统两者是相辅相成的。

参 考 文 献

- (1) 杨学平: 计算机绘图, 电力工业出版社, 1980年。
- (2) 刘岳、梁启章: 专题地图制图自动化, 测绘出版社, 1979年。
- (3) Monmonier, M.S. and Kirchoff, D.M, Choroplethic Plotter Mapping for A small Mini-computer, Proceedings of American Congress of Surveying and Mapping, 37 Annual Meeting, Washington, D.C, Feb.27-Mar.5, PP318-338, 1977.
- (4) John C. Davis, Statistics and Data Analysis in Geology, by John Wiley & Sons, Inc, 1973.

APPLICATION OF MICRO-COMPUTER IN GEOGRAPHICAL CARTOGRAPHY AND EDUCATIONAL WORK

Wang Zeshen Huang Guangyao

(Zhongshan University)

Zhu Jianru Huang Junyao

(The Chinese University of Hong Kong)

Abstract

This paper is a part of the outcome of a joint-effort of the geography department of Zhongshan University, PRC and The Chinese University of Hong-Kong in developing software for micro-computer cartography. The characteristics, feasibility and popularization value of micro-computer cartography are discussed, and then the programming of a software package is emphatically introduced in order to perform three types of choroplethic maps. These types are: 1) choroplethic mapping by the character mode of the system; 2) density shading by point patterns; 3) density shading by lines. Since this software can finally show up maps by means of a printer, the writers hope that this may help to promote automatic mapping both in education work and popularization object.