

林业图计算机辅助成图的研究

陈 锻 生

〔计算机科学(电脑)系〕

摘 要

本文研究了地图和林业图的图形数字化输入,数据处理和显示成图,包括设计各种林业生产所需要的地理要素及其编码,建立了一整套各地理要素数据的数字化输入格式、研制出相应的各种预处理算法,把原始数据从矢量形式转换成矩阵形式的算法以及各类图形图象数据之间的配准和拼接算法,能以不同色彩重迭显示多幅不同图象和地理要素图形。

一、概 述

图形和图象是表达和处理信息的有效手段,也是当今计算机信息处理的重要方式和发展趋势。随着计算机和数字图象处理技术的发展,以图象信息为基础的信息管理系统正在兴起。地理信息系统就是一种在计算机环境支持下,对空间数据进行输入、存贮、检索、运算、更新、显示、成图和综合分析的系统。这种系统用于林业生产时必须引入其它林业清查数据和图表,形成林业图象信息系统。它主要用于记录和分析一定地理区域内分布的森林资源分布及其变化情况,对于森林资源监测和管理等方面的规划和决策,它能提供高效的科学分析和辅助设计能力。

地图数字化是生成各种数字专题图的基础,通过计算机对地形图和专题图各要素原始数据的整理、运算和处理、可以按要素或按区域以图象形式分别输出地形图、专题图、综合图以及各种统计图表,利用等高线数据可以生成数字地形模型(DTM)。DTM作为一种辅助信息、与多种遥感影像匹配,可以有效地改善地物识别和机助分类精度,利用DTM不仅可以制作正射影像图和任意光照角度下的地形影像,而且可以在其它数字专题图的配合下,输出各种不同光照角度和视角下的立体图。这些新图种的建立是传统制图方法不能做到的,它丰富了各种专题图的内容,并扩展了在规划、设计和综合分析等方面的应用。林业基本图的数字化不仅提高了林业用图的规范化水平,开发新图种、提高成图速度和精度以满足林业生产的大量用图,而且又可以为林业图象信息系统的建立提供基本数据。

本研究是林业图象信息系统的初步阶段,它包括整个系统中的输入输出和图形图象处理子系统的研制。这些将与我们同时研制的图象数据库管理系统构成一个整体。

本文1987年7月7日收到。

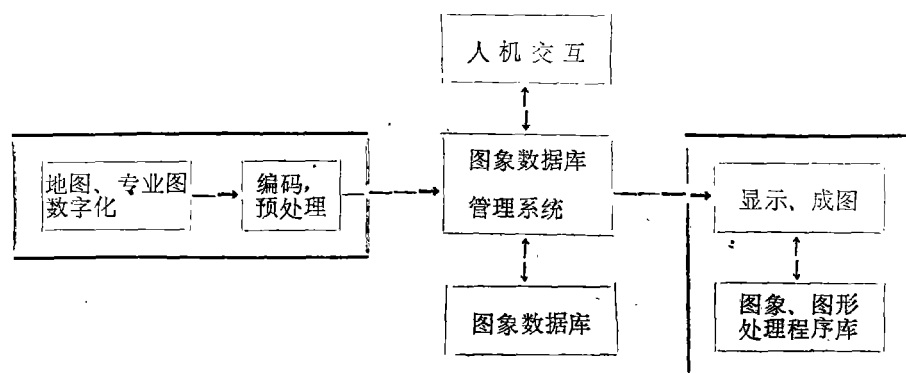


图1 林业图象数据库系统方框图

本文主要涉及图1中的粗线方框中的各部分，它们是：（a）林业和地理要素的数字化、制订地理要素编码和森林要素编码，制定各要素数字化输入方案并实施；（b）数据预处理，制定统一的数字记录格式、各要素的配准、各相邻图幅的拼接；（c）显示、成图。使用Model 75图象处理系统显示各种专题图的方法和程序，使用扫描鼓成图的方法及软件，绘图仪绘图软件等；（d）图象图形处理程序库，各种数据格式的转换，由矢量型数据到矩阵型数据的区域填充，曲面插值，图象的交、并，取窗等系列应用程序。

本研究的实验区在福建沙县。范围：沙县全境对应于12幅1/5万比例尺的地形图及沙县15个乡的林相图。在图面资料的层次上包括控制点、高程、水系、交通、行政区划、居民点、林相图以及陆地卫星多光谱数据共八类信息。

二、数据输入

上述八类信息除了陆地卫星多光谱数据之外，其余七类图面资料均采用VAX-11/750计算机系统的外设Calcomp数字化仪对地形图的各类地图要素和林业基本图的各类要素以二维坐标形式输入，即以矢量数据结构形式存贮原始数据。

1、地形图的数字化

地图各要素输入均以1/5万比例尺图幅为单元。分别以图廓点（包括四个公里网角点）、控制点、水系、道路、居民点、行政界、等高线等七个要素输入。（a）图廓点用于1/5万地图图幅之间的接边和图幅内各要素图的迭加，由于以格网化统一地理坐标系统作为定位格网，公里格网可以用来确定各地物的地理位置，同时输入四个靠近图廓点并能构成一个矩形的公里格网点的坐标，通过计算机处理，就可以在图形上生成与地图相应的公里格网；（b）在1/5万地图上选择部分控制点，输入其位置坐标，用于配准林业基本图和地图，也可用作等高线的检查点；（c）林业用图要求分三种比例尺（1/5万，1/10万，1/20万）输出平面图。根据这三种比例尺上水系负载量的限额，我们将水系对应分成三级。为了方便对双线河，水库，湖泊，沙中岛等封闭图形的着色和检索，在输入这些封闭区域的边界时，还需要在其周界内输入任一内点作为标识点；（d）道路网分五级输入，即铁路、等级公路、简易

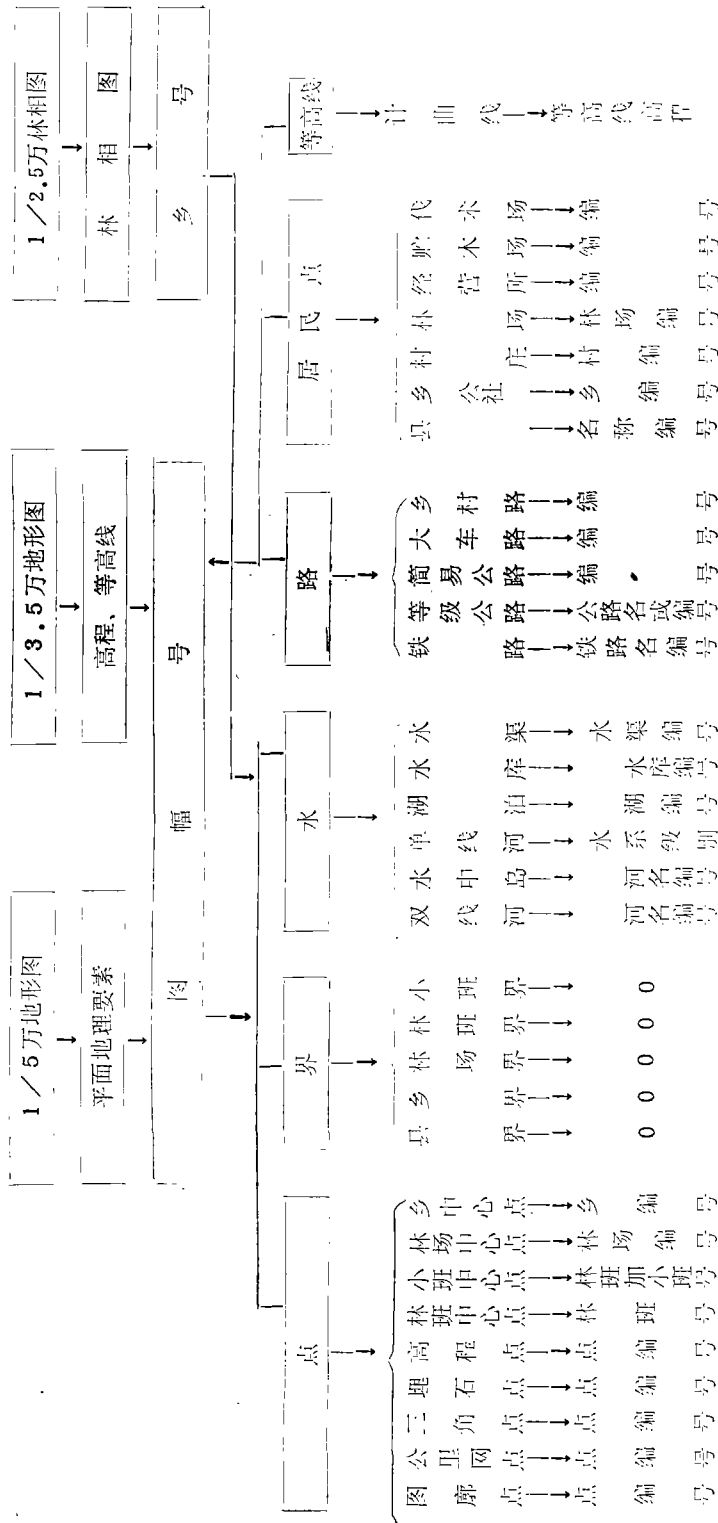


图 2 地理要素编码结构图

公路、大车路和乡村路；(e)居民点分县、乡、村庄三级输入，同时将与林业有关的林场、伐木场等全部输入；(f)行政界包括沙县县界和所属15个乡的乡界；(g)地形数据是最基本的地理信息，相对于森林演替，地貌一般可以看成是稳定的，因此，数字化等高线：建立数字地形模型(DTM)可以为其它信息提供几何基准，等高线以50m的高程分辨率输入，其余点的高程可以通过曲面内插计算获得。

2、林业基本图的数字化

以沙县各乡林业基本图为单元，分别以控制点、县、乡界、林场界、小班界、水库界、林班界等6个要素输入，为了各要素图之间的配准，必须输入相应的控制点和县、乡界坐标。由于林场、林班、小班和水库都是面状地物，为按区域检索和输出着色图形，在输入上述地物的边界时，还要分别输入各区域内的任一内点坐标。

三、地理编码和预处理

为识别地理信息中点、线、面的位置和属性而设置的编码称为地理编码。它也是数据处理、联机编辑显示和图形输出过程中存取地理信息的重要索引。

由于国家目前尚无统一的地理信息编码，为满足实际需要，我们针对1/5万地图和林业基本图中各要素所具有的空间几何属性，本着便于对各种地理要素进行定位、匹配、定性检索；数据更新和建立林业图象信息系统的需要，根据输入的地理类别、级别和特征属性建立了本地地理要素统一编码，见图2。

由于输入的各地理要素数据分别以1/5万地图图幅和林业基本图为单位存贮，因此将各要素编码分为二段，第一段表示图的性质和图幅号或沙县所属各乡编号，这段由8位十进制码组成，第1位码为比例尺编号，第2位码为图的种类，第3位到第8位码为图幅号或各乡编号，第二段由7位十进制码组成，其中第1位码为图内6类要素代码，第2位码代表各要素中具体地物的属性，第3位到第7位码为各类地物的名称编号。

预处理的目的是对由数字化仪输入的原始数据进行核对、数据格式化、压缩存贮量和加入应有的说明信息、使数据更加完整和精炼，对于同幅中所有各层要素进行配准处理，对相邻图幅的数据作拼接处理。其流程见图3。

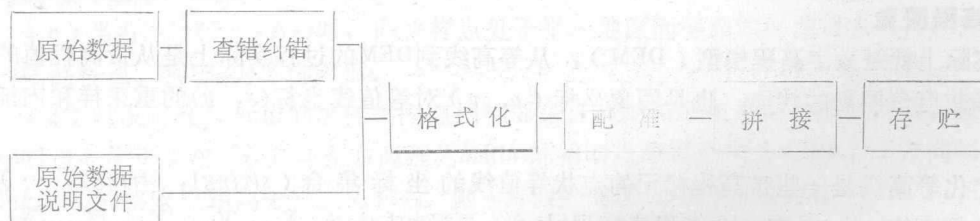


图3 原始数据预处理流程图

四、数据结构及其转换

矢量型数据比较适用于描述等值线图等点、线形式的图形资料。与矢量型相适应的数据输入、显示和成图设备有数字化仪，图形显示器以及绘图仪，但是随着计算机存贮量的增

大, 彩色图象显示器分辨力的提高, 矩阵型的数据也越来越广泛地被采用, 它不仅用于图象数据, 也可用于图形数据。

我们主要涉及的图件包括: (a) 高程图, 以等高线形式输入, (每一条等高线的记录 头冠以高程值); (b) 水系图, 单线可以单一曲线表示, 水库等水域以及相当宽度的河流以闭合曲线表示其边界; (c) 交通图, 铁路和公路均以矢量型曲线表示; (d) 居民点, 以点或多边形表示; (e) 林相图, 林班, 小班界以及其它边界以曲线表示, 带有各区域的内点作标识; (f) 行政区划图, 表示形式同林相图。

上述数据中, 高程为曲面形式的数据, 它是由矢量形式的各种成图设备所难以表达的; 居民点分别为点和平面区域形式的数据, 林相图和行政区划的界是线划图, 其区域则是平面形式的数据; 其余的主要是线划图。下面我们以林相图为例说明线划图到彩色多边形的转换, 以高程数据为例, 说明等高线到高程图象的转换。

1、林相图

它既有地理位置特性, 又有森林分布特性。前者由构成林相图的小班边界线及其内点表示, 后者由各小班的优势树种编码表示。因此首先必须将数字化的点状小班分界线连接, 形成许多封闭的小班区域(多边形), 然后根据各小班区域内的内点编码决定该小班的林业信息和位置, 并由此点向周围扩散, 对该小班的平面多边形进行填色, 不同林种用不同色调表示, 形成彩色多边形表示的林相图。

这种封闭曲线内有代表点的彩色多边形填色算法可简述如下:

设边界点的值为 E , 该区域中待填颜色的编码为 C , 存放该区域中当前待染色点的栈为 S , 则有算法:

- (1) 将该区域代表点压入栈 S 。
- (2) 从 S 中取出一点:
 - (a) 若 S 中已空, 则该区域填色完毕。
 - (b) 将该点的色值置为 C 。
 - (c) 检查该点的 4 个紧邻点, 将既不等于 E 又不等于 C 的邻点压入 S 。
 - (d) 返回 (2)。

该算法的框图见图 4。

2、高程图象

它实际上就是数字高程模型 (DEM), 从等高线到 DEM 的过程实际上是从带高程值的等高线到多灰度值图象的转换, 也是图象坐标 (u, v) 对等值线坐标 (x, y) 的重采样和内插, 见图 5。

数字化等高线是一些带高程标记的点状等值线的坐标集合 $(string1, string2, \dots)$, 其中每条等高线 $string i$ 有一个高程值标记 $ele i$, 是形如 $\{ele i, X_{i1}, Y_{i1}, X_{i2}, Y_{i2}, \dots, X_{ik}, Y_{ik}\}$ 的数据, 本算法就是要对这些矢量型数据转换成基于坐标 (u, v) 的图象。

要形成 (u, v) 坐标系统上的地面高程模型, 必须先对等高线坐标 (x, y) 在 (u, v) 上重采样, 然后再对 (u, v) 内插高程值, 使图幅范围内的每个 (u, v) 网点均带有一个高程值的“灰度”。本算法能对每个重采样网点 (u, v) 找出最近邻的两条等高线或内插, 按距离将等高线高程值推算到该采样点上, 本算法简述如下:

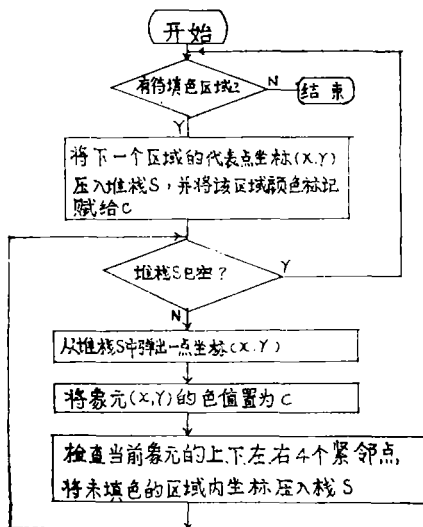


图4 多边形染色算法粗框图

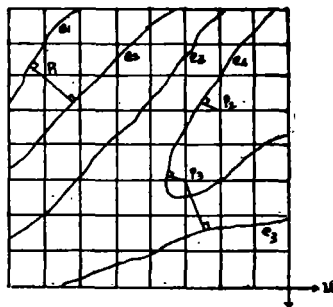


图5 等高线重采样示意图

(1) 根据平面控制点将 (X, Y) 坐标系旋转到与 (u, v) 坐标系平行, 同时进行缩放和平移, 使 (X, Y) 与 (u, v) 的坐标系原点重合。

(2) 跟踪每一条等高线, 对每一邻近的重采样格网点计算并分别记录与最近邻的两条等高线的距离、方位和高程值, 即每个格网点有两组参数: (d_1, a_1, h_1) 和 (d_2, a_2, h_2) 其中 d_i 表示等高线与该重采样格网点的欧氏距离; a_i 表示格网点到等高线垂线方向, 用八方码表示; h_i 是该等高线的标高。

(3) 用重采样格网点的两组等高线参数, 对该点计算和内插高程值。

(a) 当 a_1, a_2 两个八向码相差 $> 90^\circ$ 时, 用距离加权求重采样格网点高程

$$h = (d_1 * h_2 + d_2 * h_1) / (d_1 + d_2)$$

如图5中的 P_1 点。

(b) 当 a_1, a_2 的方向码相近 ($\leq 90^\circ$) 时, 只选择最近邻的一条等高线标高 h_1 作为重采样格网点的高程值, 如图5中的 P_2 点。

(c) 当 $d_1 > k * (\Delta u + \Delta v)$ 时, 即采样点处于平坦地区而等高线间距较大时, 不对该采样点内插高程值。其中 k 为可选阈值。

(4) 对没有高程标记的重样格网点用相邻采样点的高程值进行双线性内插。设待插值的格网点 (X, Y) 在 X 方向与左右高程为 h_l 和 h_r 的格网点距离分别为 d_l 和 d_r , Y 方向与上下高程为 h_a 和 h_b 的格网点距离分别为 d_a 和 d_b , 则 X 方向的高程线性内插值为 $h_x = (d_r * h_l + d_l * h_r) / (d_r + d_l)$, Y 方向的内插值 $h_y = (d_a * h_b + d_b * h_a) / (d_a + d_b)$, 待插高程值 $h(X, Y) = (d_y * h_x + d_x * h_y) / (d_x + d_y)$ 其中 $d_x = d_l + d_r$, $d_y = d_a + d_b$ 。

五、显示、成图和试验

显示是快速观看图象效果的手段, 可以用人机交互的方式进行方案选择和彩色选择。其

它成图方式,如转鼓扫描和绘图机,实际上与显示的原理一致。因此,本研究中的显示软件的基本原则是,在屏幕上以人机对话的方式,选择和确定图的种类和图内各要素的色彩,然后按照选择好的格式和色彩,自动准备好大范围转鼓扫描成图所需要的数据。

根据林业生产的需要,本次实验生成了下述各种图形图象:(1)沙县全境各种地理要素图和多层地理要素的重迭显示图。(2)沙县全境各种地理要素与MSS多光谱图象的迭加显示图。(3)沙县分乡以小班为单位的林相图。(4)沙县数字地面模型与陆地卫星成象时太阳位置所构成的地形照度分布图。(5)数字地面模型派生的坡度图、坡向图等。

由于显示器尺寸所限,图6给出了沙县县城附近三个乡的几种成图图象,从中可见本试验的配准和拼接精度,和数据结构转换算法的效果。

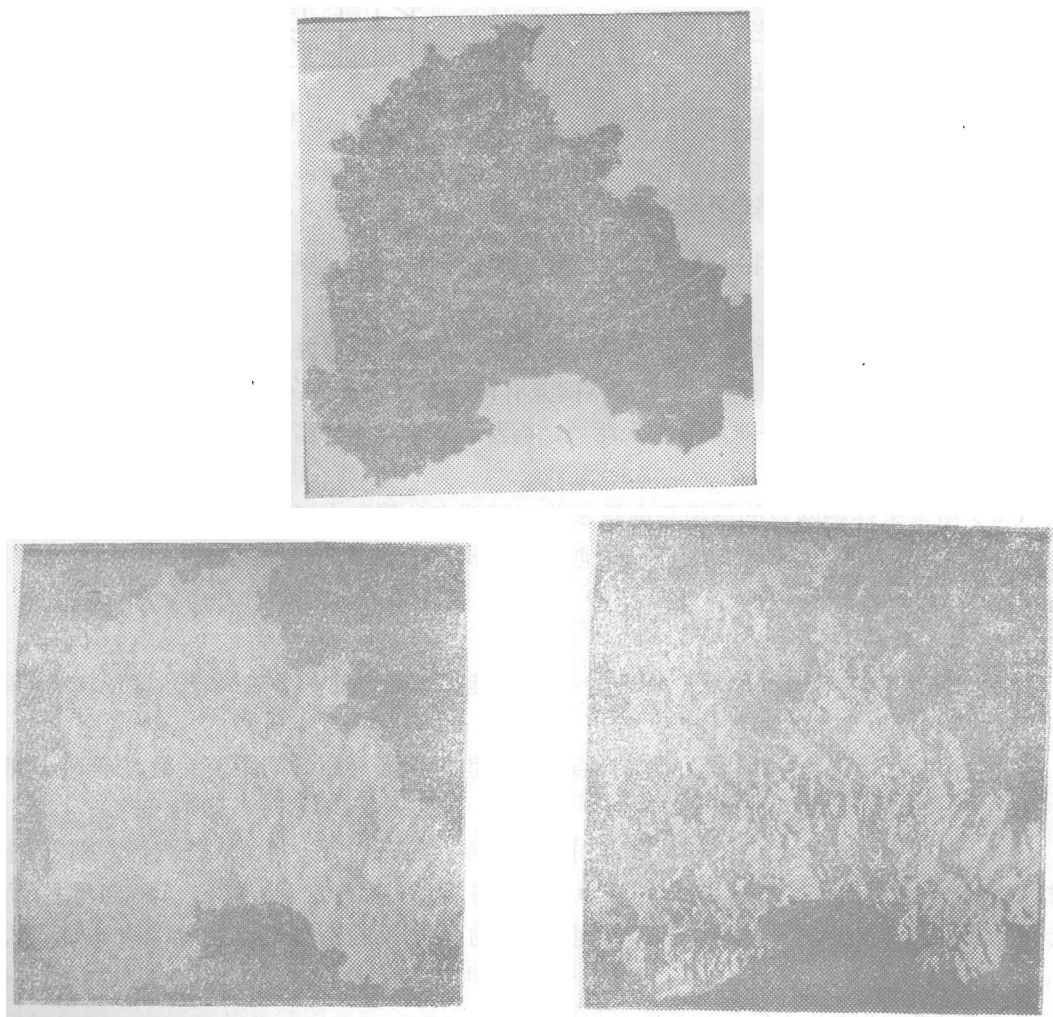


图 6

1. 沙县东部的数字高程模型与地理要素叠加图;
2. 沙县东部地形太阳照度分布图;
3. 沙县东部地形坡向图;

本研究中的图象数据库建立, 数字成图技术将会提高生成各种林业图件的灵活性和速度, 从而适应于林业管理的更高要求, 为林业图象信息系统的建立奠定了基础, 这些方法同样适应于多数采用地图数据库的专业信息系统的开发。当然, 本系统在成图比例尺控制、坐标系标准化, 成图扩展连续化, 实现灵活检索等方面都还有待进一步的完善。

致谢: 本论文工作受到中国科学技术大学图象处理中心实验室吴健康老师的悉心指导, 林业部森林调查规划设计院监测室张瑞奎等人提供了原始数据, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] Chang, S. K. & Fu, K. S. *Pictorial Information Systems*, (1980).
- [2] Pavlidis, T., *Algorithms for Computer Graphics & Image Processing*, (1982).

A Study on Computer-Aided Graphics of Forestry Maps

Chen Duansheng

Abstract

This paper deals with the digitalized graphic input, data processing, and graphic display of forestry maps.

The details include: the design of a geographic code for forestry; a set of formats for digitalized input of geographic data; some preprocessing algorithms for transferring original data from vector to array, and for piecing up and matching different images and graphic data; and the overlap display of landsat images and geographic graphs in different colour.