

# CASS7.0 下地形图扫描数字化及其精度分析

陈楠<sup>1</sup>, 杨武年<sup>1</sup>, 汤洪<sup>2</sup>

(1. 成都理工大学 地球科学学院, 四川 成都 610059;  
2. 凉山州多维数字城市测绘有限公司, 四川 西昌 615000)



**摘要:**地形图扫描数字化为 GIS 数据源的一种重要获取手段, 已经成为地图数字化的主流。从扫描数字化的基本原理和实施过程出发, 以 1:500 现有地形图为数据来源, 利用测绘专业软件 CASS7.0 实现了地形图扫描数字化的整个生产过程; 讨论了扫描数字化成图的主要误差来源, 并对扫描数字化过程中的校正精度和矢量化精度进行了分析。

**关键词:**扫描数字化; 图像校正; 精度分析; CASS7.0

中图分类号: P208

文献标志码: B

文章编号: 1672-4623 (2012) 01-0124-03

当今各级规划机构建设等部门拥有大量的各种比例尺的纸质地形图, 这些现存的纸质地图覆盖了各种比例尺、各种类型的地理信息, 是已经采集到的宝贵的数据资源。为了充分利用这些资源, 可将大量的纸质地形图通过图形数字化仪或扫描仪等设备输入到计算机中, 用专用的软件进行处理和编辑, 并将其转换成计算机能存储和处理的数字地形图, 这个过程称为地形图的扫描数字化。本文基于 CASS7.0 软件平台, 以某校园地形图扫描数字化实现过程为例, 分析了扫描数字化的主要误差来源, 讨论了影响扫描数字化数据结果精度的主要原因。

## 1 源数据的获取

本文立足自有条件, 以 1:500 现有地形图 of 数据来源进行分析。由于所要研究的区域较大, 本文获取了感兴趣区域所在的 6 幅相互衔接的图件进行处理: 45+1、45+2、46+1、46+2、47+1、47+2。经检查得知, 所获取的大比例尺地形图具有较好的精度, 适用于地图数字化制作; 其均采用 1956 年该区域地方坐标系和 1956 年该区域高程系, 等高距为 0.5 m; 地形图的采集内容较为丰富; 地物信息完整、真实; 图面保存良好; 线化、注记较为清晰。首先采用 ANAtech Evolution 8/Pro 大幅面工程扫描仪对工作底图进行扫描。为确保精度, 采用灰度扫描分辨率为 300 dpi<sup>[1]</sup>。

## 2 数字化前的预处理

扫描屏幕数字化的过程是一个解译光栅图像并用矢量元素替换过程。由于原图纸的各种误差和扫描本身的原因, 扫描结果提供的是有误差甚至是有错误的

光栅结构。扫描获得的数据还存在着噪声和中间色调像元的处理问题, 如图 1 所示的去噪前的运动场上有许多小黑点, 这些小黑点严重影响了地物信息的识别, 从而直接影响到矢量化的精度。预处理是指应用某些图像处理操作将由于图纸不净、线不光滑以及受扫描、摄像系统分辨率的限制, 给扫描出的图像线划带来的黑色斑点、孔洞和毛刺、凹陷等噪声予以去除, 图 2 为去噪后的运动场。对原始栅格数据的预处理就是对原始栅格数据进行修正, 经修正得到正式栅格数据。



图 1 去噪前的运动场

图 2 去噪后的运动场

在图形的扫描输入中, 由于操作的误差、扫描设备的精度及图纸的变形等因素, 使输入后的图形存在着局部或整体的变形。为了消除图形的变形, 达到图形的精度。图形输入后必须进行定向校正。本文采用 CASS7.0 软件对预处理后的各工作底图进行图像纠正。为了提高校正精度, 本文首先分别拾取各图件 4 个图框点粗纠正, 而后又分别拾取各图件的 36 个公里格网点进行精纠正, 最后点击纠正, 可得到比较精确的校正图像。

## 3 光栅图像矢量化

矢量化是指将栅格图像转换为矢量图形的过程。一般的线段可做到自动跟踪矢量化, 但由于地形图上线划分布比较复杂, 尤其是大比例尺地形图, 地物要素

收稿日期: 2011-05-16

项目来源: 国家自然科学基金资助项目 (41071265); 高等学校博士学科点专项科研基金课题 (20105122110006)。

的多样、重叠、交叉以及一些文字符号、注记等，使全自动跟踪矢量化更加困难。一般都采用人机交互与自动跟踪相结合的方法完成地图的矢量化，这一过程都是在屏幕上进行的，所以也称屏幕数字化。本文采用南方测绘 CASS7.0 实现扫描地图的数字化。

由于某些人为的因素，再加上现阶段国内矢量化软件的功能欠缺，地形图矢量化后的数据仍存在一些需要进行后续处理。矢量化后处理是为了保证矢量数据在输出或入库之前的质量和精度而进行的错误修正和内容补充等。

最后，当一幅图编辑完之后，就要进行图幅的整饰工作，图幅的四周要加绘内外图廓和公里格网，北图廓外应注记该图幅的图名、图号、行政区划注记及接合表。图幅整饰完之后还要再认真地检查一下，确保正确无误。若要得到整体区域矢量化效果，需完成相邻图件的拼接和接边处理。由于 6 幅图件在相同坐标系下，其相邻边上的控制点具有相同的坐标，先分别将 6 幅图件各自建立为图块，在 CASS 环境下利用批量插入块命令即可将 6 幅图件拼接起来，图 3 为 6 大图件拼接后的局部平面图，拼接后还需进行接边检查。



图 3 各图件拼接后所得该区域局部平面图

#### 4 扫描数字化成图精度分析

##### 4.1 校正精度分析

本文为了提高精度，对于扫描地图 45+1 先选取 4 个图框格网点进行粗校正，分析得知误差较大，不能满足纠正精度；而后选择了 36 个坐标格网点进行精校正，从图 4 和图 5 中可以看到每个控制点的误差均可满足规范的规定（地形图数字化规范中规定：工作底图定向纠正控制点点位误差不大于 0.15 mm）。由此看来，要减小底图定向误差，一是要采集较多的控制点，同时还要考虑控制点分布的科学性；二是一定要采用高质量的地形图作为工作底图。

No.	源X	源Y	目标X	目标Y	误差
1	262500...	202502...	26250000	20250250	0.1264
2	262500...	202499...	26250000	20250000	0.0594
3	262502...	202500...	26250250	20250000	0.0445
4	262502...	202502...	26250250	20250250	0.0441
5	262500...	202502...	26250050	20250250	0.0563

图 4 校正点 1-5 误差

No.	源X	源Y	目标X	目标Y	误差
32	262502...	202501...	26250250	20250200	0.0560
33	262502...	202502...	26250000	20250200	0.0822
34	262499...	202501...	26250000	20250150	0.1478
35	262500...	202500...	26250000	20250100	0.0979
36	262499...	202500...	26250000	20250050	0.0452

图 5 校正点 32-36 误差

##### 4.2 矢量化精度评定

矢量化中，可能由于图纸扫描清晰度不够，使有的地物难以辨别，需要根据原图绘制。房屋标注不明，控制点有点号没有高程，陡坎处缺少高程点等，这些问题在外业的协助下才能得到解决。注记应采用 CASS 默认设置，不得擅自改变字体、字型、线籍、颜色、图层等。图式符号运用要准确无误，必须与实际相符。图上地物边长与实际误差不大于 0.3 mm。面状地物、邻里围墙要求必须封闭。最终成果要求与实际相符，各要素齐全、准确、美观，不得擅自移动点位。

对于地形图，本文不考虑原图的测量误差，判断其矢量化过程中精度可通过采用各图件拼接后的 126 个图幅公里格网点的点位中误差来评定<sup>[5]</sup>。首先要对 126 个格网点十字丝进行矢量化（如图 6 所示），然后采集矢量化后的坐标值并与其相应理论值相比较，依据以下误差公式计算中误差：

$$S = \pm \sqrt{(X_i - X)^2 + (Y_i - Y)^2} \tag{1}$$

$$M_s = \pm \sqrt{\frac{\sum S_i^2}{n}} \tag{2}$$

式中，S 为十字丝所在点位的坐标差；i 为检测格网网点个数；Ms 为矢量化点位中误差。由于数据量较大，可通过编程或 EXCEL 辅助计算。本文通过 Excel 计算得知利用 CASS 软件矢量化的点位中误差为 0.039 mm，完全可以满足数字化精度要求。

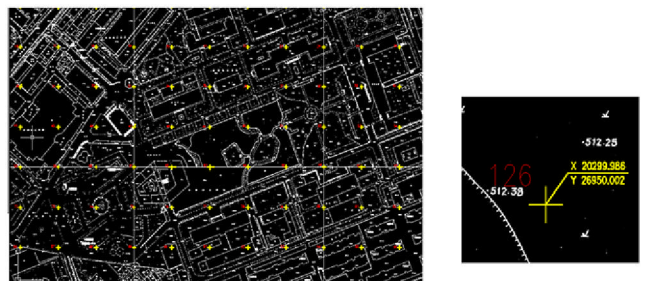


图 6 坐标格网矢量化局部图（红色为点编号）和第 126 号格网点采集坐标

##### 4.3 扫描数字化综合精度评定

扫描仪的几何分辨率是扫描数字化方法误差中最主要的误差源，减小这种误差的唯一办法就是提高扫

描仪的几何分辨率。但是，随着扫描率的提高、栅格数据量以平方级速度增长。这往往造成计算机存储资源耗尽、数据处理时间平方级延长。以 300 dpi (约每 mm12 个点) 的分辨率扫描时，独立点间距离的相对精度为 1.4/1000 左右。全自动矢量化细化过程所产生的点位精度为 1-2 个像素点，而交互跟踪矢量化最大点位误差可以控制在一个像素点。按 300 dpi 计，每个像素点相当于图上 0.09mm。根据误差传播定律，扫描数字化综合精度按下式计算：

$$M_{扫} = \pm \sqrt{M_{定}^2 + M_{仪}^2 + M_{矢}^2} \quad (3)$$

式中， $M_{扫}$ 表示扫描数字化综合误差； $M_{定}$ 表示工作底图定向纠正误差； $M_{仪}$ 表示扫描仪误差； $M_{矢}$ 表示矢量化误差。

### 5 结 语

本文介绍了基于 CASS 实现地形图扫描数字化成图的方法过程。尝试了多种扫描图像预处理软件，取得了较好的预处理图像；简要阐述了扫描矢量化数据的校正方法及其精度分析；深刻熟悉了在 CASS 环境下进行扫描地形图矢量化的方法，体会到分层矢量化带来的优点及便利，并对矢量化后处理的相关问题和矢量化精度也进行了分析和探讨。但由于矢量化受主观因素影响较大，提出的精度评定方案存在一定的局

限性。地形图扫描数字化和现阶段遥感影像图结合分析，可实现对地物的动态监测，便于地图更新。所以，随着我国大比例尺地图数据库和有关信息系统的建立，借助于地图数字化输入原始地图数据以便进入地图数据库是一项必不可少的工作。

### 参考文献

- [1] 李玉宝,曹智翔,余代俊.大比例尺数字化测图技术[M].成都:西南交通大学出版社,2006
- [2] 倪金生,王永明,钱晓明.地图矢量化技术实践教程[M].北京:电子工业出版社,2008
- [3] 蒋辉,潘庆林,刘三枝.数字化测图技术及应用[M].北京:国防工业出版社,2006
- [4] 高井祥.数字测图原理与方法[M].徐州:中国矿业大学出版社,2008
- [5] 胡晋山,康建荣.地图扫描数字化误差分析及控制[J].测绘科学,2005(4):90-109
- [6] 杨德麟.地形图的扫描屏幕数字化[J].测绘通报,1998(2):41-43
- [7] 花向红,潘正凤.扫描数字化地图数据的误差构成及精度分析[J].武测科技,1996(4):71-72
- [8] Nikhil Gagvani,Deborah Sliver. Parameter-controlled Volume Thinning[J]. Graphical Models and Image Processing,1999,61(3):149-164
- [9] 杨军.如何提高地图扫描矢量化软件成图精度的分析与探讨[J].北京测绘,2000(02):17-19

第一作者简介：陈楠，硕士，主要从事 3S 与数字国土研究。



(上接第 115 页)已设置符号带来了很大的方便。这种方法制作的地图符号库不仅符合国家地图图式和供水行业规范的规定，而且能通过 Style 格式的符号库满足 ArcGIS 桌面 GIS 的应用，进而能满足基于 ArcGIS 的所有应用。本文的不足之处是没有推算出符号设置尺寸和实际尺寸之间的对应关系，这有待于进一步研究。

### 参考文献

- [1] ESRI. ArcGIS 9.3 产品介绍[R]. ESRI China(Beijing),2009
- [2] 罗庆洲,张卫民,李先华.在常用 GIS 软件中实现自定义地图符号[J].测绘通报,2003(1):44-45

- [3] 祁华斌,艾廷华,胡珂.基于 ArcGIS 的地图符号库建立及符号化实施[J].测绘通报,2003(1):14-17
- [4] 刘丙方,刘冰晶,狄丽娟,等.基于 ArcObjects 的特殊符号开发方法[J].矿山测量,2004,6(2):21-22
- [5] 熊卫东,罗年学. RDGIS 的开放式地图符号体系设计[J].测绘信息与工程,2003,28(1):27-28
- [6] GB/T 7929-1995.1 500 1 1 000 1 2 000 地形图图式[S].
- [7] GB 14804-93.1 500 1 1 000 1 2 000 地形图要素分类与编码[S].

第一作者简介：王战举，工程师，主要研究方向为 GIS 数据处理方法及应用。

other two methods .

Key words remote sensing image fusion, ALOS, land cover, classification ( Page:116)

Application of ArcGIS Vector Data Spatial Analysis in Urban Apartment Selection by YANG Jing

Abstract This study introduced the buffer analysis and overlay analysis in the spatial analysis of ArcGIS vector data. The two spatial analytic capabilities could be utilized to help potential buyers narrow down suitable zones by classify different zones and analyzing the practical situation in choosing apartments in the urban areas.

Key words spatial analysis, buffer analysis, overlay analysis, zone classification ( Page:119)

Issues of MapGIS to ArcGIS Data Conversion Process

by YANG Xiaochao

Abstract Spatial data conversion is an effective way to increase utilization and reduce duplicate collection of spatial data . Studying the spatial data format conversion can help to significantly improve work efficiency. This paper analyzed the characteristics of MapGIS, ArcGIS software, and explored the problems encountered during the conversion process. It especially analyzed the file corresponding conversion relationship between changes in properties of the field, Figure contour points, and found solutions . It made full use of two complementary advantages of software, so that to maximize sharing of data resources.

Key words MapGIS , ArcGIS , data format conversion ( Page:121)

Topographic Map Scanning Digitization and Precision Analysis Based on CASS7.0 by CHEN Nan

Abstract The topographic map scanning digitization is an important acquisition method for GIS data, which has become the mainstream of the map digitization. This article introduced the scanning digitization's basic principle and the implementation process and with 1:500 existing topographic map for data sources, using professional software CASS7.0 realized the whole production process of the map scanning digitization. It discussed the scanning digital mapping the main error sources and analysed the calibration accuracy and precision of vector in the process of scanning and digitizing.

Key words scanning digitization , gamma correction , precision analysis , CASS7.0 ( Page:124)

MapX-based Mine Hydrogeology Information Management System by LONG Yang

Abstract This paper expounded the overall design of MapX-based Mine Hydrogeology Information Management System, realized the mine hydrogeology data management, maintenance, share and thematic map drawing by using re-development on MapInfo GIS software, the software offered help to hydrogeology information management work.

Key words MapX, GIS, hydrogeology ( Page:127)

Quality Testing Methods of Underground Pipeline Detection Results by XIE Zhiqiang

Abstract In the large area underground pipeline detection data checking process , it fully considered the hidden nature of its detection outcomes. We used scientific procedures, standards, sample control, GIS aids scientific and rational means to improve the efficiency of the inspection and ensure the quality of the outcome.

Key words urban underground pipeline detection, quality characteristics, quality assessment, data quality control ( Page:129)

Design and Data Analysis of Settlement Observation Based on a New Home Construction in Chengdu by LI Yong

Abstract This paper summarized the new project of Jinniu district,

Hou B group (a section of building no. 4) settlement observation engineering basic situation, including the benchmarks laid and detailed discussion of benchmark nets stability, through monitoring data analysis of the building deformation and made corresponding conclusions.

Key words settlement benchmark , data analysis ( Page:132)

Development of Data Processing Systems for Total Station Memory Records Observations by LIU Jiankai

Abstract In the process of traverse field observations, using the electronic record book for total station memory mode, against its data logging functions, we made the extraction of lead observations, the secondary development of computing, and data processing corresponding. Full using of its code measurements function, we developed the data processing module, the extraction of data automatically and converted them to the standard adjustment file that adjustment software could recognize , reduce labor intensity and the workload of outside the inside.

Key words Traverse observations , memory record , data processing ( Page:134)

Application of Chaotic Theory in Deformation Analysis and prediction by LU Jinjin

Abstract Due to environmental factors and instruments impact the deformation monitor can be seen as a complex system, and the parameters are uncertain and random, to show the complexity of the nonlinear behavior. The paper used the modern chaotic theory to solve the time series of monitor deformation, and discussed the chaotic theory and prediction method. The example showed that chaotic time series method can get a better accuracy.

Key words deformation monitoring , chaotic time series prediction ( Page:137)

Application Experiment of SmartStation to Cadastral Inventory Based on the Second Investigation of National land

by MEI Xiaodan

Abstract Taking the cadastral inventory of the Sanchahe town in Fuyu county as an example, this paper discussed the application of Leica's SmartStation in cadastral inventory based on the second investigation of national land. By compared the model of Leica's SmartStation without control points with the normal mapping model in accuracy and efficiency, it came to a conclusion that the former was a best way to improve the operational efficiency measurement in field survey . At the same time, this experiment was general and portable , which had a certain importance to make further promotion in the field and space of super-station instruments.

Key words the second investigation of national land , SmartStation , cadastral inventory , accuracy assessment , the mode of location and measurement ( Page:139)

Analyze Chaos of Deformation Monitoring Data

by YUAN Changmao

Abstract This paper described the Lyapunov index method and the correlation dimension method of deformation data, and discussed the calculation of deformation monitoring data Lyapunov exponent and correlation dimension. Finally, it showed a practical example with dam observation data.

Key words deformation monitoring, chaos, Lyapunov exponent, correlation dimension, phase space reconstruction ( Page:142)

Design and Data Analysis of Settlement Observation of Construction by YANG Jianrong

Abstract This paper summarized basic situation of settlement observational engineering which located in longquanyi district south road of