

 Springer

地球科学中的 MATLAB 应用 (第3版)

MATLAB Recipes for Earth Sciences Third Edition

【德】 Martin H. Trauth 著

宋久旭 党博 田亚娟 程国建 译



国防工业出版社
National Defense Industry Press

地球科学中的 MATLAB 应用

(第3版)

MATLAB Recipes for Earth Sciences

Third Edition

[德] Martin H. Trauth 著

宋久旭 党博 田亚娟 程建芳 译



国防工业出版社

· 北京 ·

本书获得了西安石油大学优秀著作出版基金资助出版,在此表示感谢。

著作权合同登记 图字:军-2015-049号

图书在版编目(CIP)数据

地球科学中的 MATLAB 应用:第3版/(德)陶特
(Trauth, M. H.)著;宋久旭等译. —北京:国防工业
出版社,2015.7

书名原文:MATLAB Recipes for Earth Sciences
(Third Edition)

ISBN 978-7-118-10090-7

I. ①地… II. ①陶… ②宋… III. ①Matlab
软件—应用—地球科学—研究 IV. ①P-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第148040号

Translation from English language edition:

MATLAB Recipes for Earth Sciences*

by Martin Trauth

Copyright © 2010 Springer - Verlag Berlin Heidelberg

Springer - Verlag is a part of Springer Science + Business Media

All Rights Reserved

MATLAB* is a trademark of The Mathworks, Inc. and is used with permission.

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 16 插页 4 字数 301 千字

2015年7月第1版第1次印刷 印数 1—2000 册 定价 79.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

《地球科学中的 MATLAB 应用》一书旨在帮助在读本科生、博士研究生和博士后研究人员以及专业人士学习快速解决地球科学领域数据分析中常见问题的方法。本书提供了少量的理论背景,通过示例演示了书中描述的方法。MATLAB 软件不仅提供了大量数据分析方法的现成算法,也允许对已有的算法进行修正和改进,或者开发新的软件。本书包含了解决典型地球科学问题的 MATLAB 脚本或 M 文件,如采样统计、时域分析、地质统计学以及图像处理等;同时也介绍了数据分析的先进技术,如非线性分析、自适应滤波、Bootstrapping 算法和地形分析等。

第 3 版经过修订和更新之后在与软件相关的问题上增加了新的内容(2.4 节、2.5 节、2.8 节、2.9 节)。由于 MATLAB 近些年发展迅速,第 2 章很难完全更新,因此,第 2 章对内容进行了刻意限制,仅演示在本书中实际使用到的函数工具。从 MathWorks 目前的情况来看,在一些领域的 MATLAB 编程中使用并纳入对象和类,但似乎也没有放弃现有的程序代码,这种改变也会增加 MATLAB 的编程难度。同样,本书尽量使得对象和类的引进和使用最低,甚至不惜省略了一些 MATLAB 的新特征。例如,分布拟合类的某些函数,本书也使用了新的面向对象编程的概念,希望读者谅解本书未解释在使用 MATLAB 程序代码时的所有细节。其他新增加部分有分布拟合(3.9 节)、非线性分析和加权回归分析(4.10 节),这些技术目前已广泛使用。8.7 节~8.9 节引进了一些先进的图像分析方法,例如,从分层沉积物中提取颜色强度断面、显微镜图像的粒度自动化分析,以及显微镜图像中炭屑的量化。这些技术经常用于编者的研究项目,并在短暂的教学教学中一直在应用。

为了最大限度地学好本书,读者需要安装 MATLAB 软件并且能够在阅读本书的同时运用所提到的方法。MATLAB 可以在屏幕上显示各种无法在书籍中显示的图形。然而,书中包含的很多图形,它们能够通过文字去理解而不用在计算机上实际运行 MATLAB。本人在研究中使用的是 MATLAB 7 Release R2010a 版本,其中大部分内容也可以在早期的 MATLAB 软件版本上运行。本科生读者学习数据分析课程时,一般应当浏览全书,但更有经验的读者可能只使用某种特定的方法解决具体问题。因此,为了使各种具有不同需求的读者更容易地使用本书,下面介绍本书的主要概念及各章节的内容。

第1章:介绍了样本和总体的基本概念,还对随后章节所描述的方法中各种数据的类型及这些数据中有待解决的问题进行了介绍。

第2章:整体介绍了为地球科学家设计的 MATLAB 软件。建议已经熟悉该软件的读者直接学习随后的章节。第3版增加了新的内容,对数据结构和对象的类,以及重新生成图表的 M 文件和新发布的 M 文件进行了介绍。

第3章和第4章:单变量和双变量统计学基础。这两章包含了统计学的基本概念,还介绍了一些先进方法,例如重新采样方案和交叉检验。如果读者已经熟悉了基本的统计学就不必要阅读这两章。第3版新增加的内容包括正态分布拟合的观测和非线性加权回归。

第5章和第6章:建议从事时域研究的读者阅读这两章。时间序列分析和信号处理有着密切的联系,熟练地使用这些方法,需要很好的统计学知识,这两章独立于前面的章节。

第7章和第8章:建议读者通读这两章,因为用于空间数据和图像分析的处理方法有许多共同之处。而且,空间数据与图像处理在地球科学中通常是相互结合的,如在数字高程模型中预测卫星图像。第3版增加了关于叠层沉积物的颜色强度断面、显微镜图像的粒度自动化分析和显微镜图像中的炭屑量化三部分内容。

第9章:地球科学中的数据集经常有许多变量和数据点。多变量统计方法适用于各种各样的大型数据集,包括卫星图像。任何读者特别是对多变量方法感兴趣的读者,在阅读本章前先阅读第3章和第4章。

第10章:分析圆形和球形数据的方法在地球科学中的广泛应用。构造地质学家测量并分析断层平面上滑擦面(或条纹)的方向,圆形数据的统计分析也用于古地磁的应用;显微结构的研究包括薄片颗粒形状和石英颗粒 c 轴取向的分析。

本书是关于数据统计分析的一本专著,它并不试图覆盖建模问题。对于建模问题,现推荐阅读由 Ekkehard Holzbecher 所著的《利用 MATLAB 环境建模》(*Environmental Modeling Using MATLAB*) (Springer, 2007) 一书,此书首次介绍了建模的基本概念,然后给出了应用 MATLAB 建模的大量实例。《利用 MATLAB 环境建模》一书使用了一个与本书非常类似的概念,同样地,它给出了理论介绍然后解释 MATLAB 的示例。这两本书都没有对所有可用的技术提供完整的介绍,但是它们对于地球科学中的数据分析和建模都提供一个基本概念的详细描述。一个严格的评论者曾对本书第1版提出一个问题:为什么本书没有一个章节讲述关于有限元和有限差异建模以及解决微分方程的内容?在他看来,这是本书的一个重大遗漏。然而,这远远超过了本书的范围和编者自身的专业知识,对于这个问题有兴趣的读者可以直接阅读由 Peter I. Kattan 所著的《MATLAB 有

限元指南:一个互动的方法》(Springer,2007)一书。本书涉及一些图像处理方面的知识,在第8章中有3个全新的小节分析沉积图像。现特别建议对这方面感兴趣的读者阅读一本非常成功的专著,即 Gonzales, Woods 和 Eddins 所著的《运用 MATLAB 进行数字图像处理》(Gatesmark,2009)一书。

本人诚恳地接受所有的批评,同时也邀请很多读者对第3版进行评价,使得本书可以不断改进。当本书出现在书架上时,我已经在我的计算机硬盘中创建了一个新的文件夹“第4版”。本书得益于许多人的评论,尤其是编著者 Robin Gebbers 和 Norbert Marwan,以及我的同事 Ira Ojala, Lydia Olaka, Jim Renwick, Jochen Rössler, Rolf Romer, Annette Witt, 和学生 Matthias Gerber, Mathis Hain, Martin Homann, Stefanie von Lonski, Oliver Rach, Marius Walter 和 Max Zitzmann。

本人非常欣赏在 blatterwaldDesign 工作的 Elisabeth Sillmann 的专业知识和耐心,本书的图形及页面设计都是由他完成的。同时也应当感谢对本书进行文字校对的 Ed Manning。衷心感谢 Naomi Fernandez 对本书的编排,以及给予学术支持的 MathWorks 公司的 Kate Fiore 和德国 MathWorks 公司的 Claudia Ologge, Annegret Schumann, Springer 公司的 Christian Witschel, Chris Bendall 和他们的团队。同时也感谢 NASA/GSFC/METI/ERSDAC/JAROS 和 U. S./Japan 的 ASTER 科学团队以及 Mike Abrams 主任允许我在本书中使用了 ASTER 影像。

Martin H. Trauth

2010年4月于波茨坦大学

CONTENTS | 目录

第1章 地球科学中的数据分析

1.1 引言	1
1.2 数据采集	1
1.3 数据类型	3
1.4 数据分析方法	5
参考文献	6

第2章 MATLAB 软件

2.1 地球科学中的 MATLAB	7
2.2 MATLAB 软件基础知识	8
2.3 MATLAB 语法	9
2.4 MATLAB 数据存储与处理	12
2.5 MATLAB 数据结构与结构分类	14
2.6 MATLAB 脚本与函数	18
2.7 基本可视化工具	21
2.8 基于生成的 M 文件重新绘制图形	23
2.9 M 文件的发布	25
参考文献	27

第3章 单变量统计学

3.1 引言	28
3.2 经验分布	28
3.3 经验分布示例	32
3.4 理论分布	38
3.5 理论分布示例	44
3.6 t 检验	45
3.7 F 检验	49

3.8 χ^2 检验 52

3.9 分布拟合 54

参考文献 57

第4章 双变量统计学

4.1 引言 59

4.2 皮尔逊相关系数 60

4.3 经典线性回归分析与预测 66

4.4 残差分析 68

4.5 回归系数自举法估计 70

4.6 回归系数刀切法估计 71

4.7 交叉检验 73

4.8 压轴回归分析 74

4.9 曲线回归分析 75

4.10 非线性分析与加权回归分析 77

参考文献 79

第5章 时间序列分析

5.1 引言 81

5.2 信号的生成 82

5.3 自谱分析与互谱分析 85

5.4 自谱分析与互谱分析示例 88

5.5 插值与非均匀数据分析 95

5.6 时变功率谱 99

5.7 Lomb - Scargle 功率谱 102

5.8 小波功率谱 106

5.9 非线性时间序列分析 110

参考文献 118

第6章 信号处理

6.1 引言 121

6.2 信号的生成 122

6.3 线性时不变系统 123

6.4 卷积与滤波 125

6.5 数据序列滤波函数的对比 127

6.6	递归与非递归滤波器	129
6.7	脉冲响应	130
6.8	频率响应	133
6.9	滤波器的设计	137
6.10	自适应滤波	139
	参考文献	144

第7章 空间数据

7.1	空间数据的类型	146
7.2	GSHHS 海岸线数据集	147
7.3	二分网格全球地形数据集 ETOPO2	148
7.4	30 弧秒数字高程数据集 GTOPO30	151
7.5	航天飞机雷达地形测绘任务	152
7.6	背景网格化与等高线化	155
7.7	网格化示例	156
7.8	方法与潜在假象的比较	160
7.9	点分布统计学	164
7.10	数字高程模型分析	170
7.11	地质统计学与克里金法	178
	参考文献	191

第8章 图像处理

8.1	引言	193
8.2	数据存储	193
8.3	图像的输入、处理和输出	198
8.4	卫星图像的输入、处理和输出	202
8.5	卫星图像的地理坐标参考系统	204
8.6	屏幕图像数字化	205
8.7	分层沉积物的颜色强度断面	207
8.8	显微镜图像的粒度分析	211
8.9	显微镜图像中的炭屑量化	216
	参考文献	219

第9章 多变量统计学

9.1	引言	220
-----	----------	-----

9.2 主要成分分析法	221
9.3 独立成分分析法	227
9.4 聚类分析法	230
参考文献	233

第 10 章 方向数据统计学

10.1 引言	235
10.2 图形表示	236
10.3 经验分布	238
10.4 理论分布	239
10.5 方向数据的随机性检验	241
10.6 平均方向的有效性检验	242
10.7 两组方向之间的差异性检验	244
参考文献	246

第 1 章

地球科学中的数据分析

1

1.1 引言

地球科学家对地球上的自然过程进行观测并采集相关数据,通过对某一特定区域结构作用力的形成来源进行假设和检验,进而预测地球未来的变化。所有这些对地球的探索工作包含了数值数据的采集和分析,因此,地球科学家需要对统计学和数值计算方法有深入的理解,并且能够使用相关的软件包对采集的数据进行分析。

本书对地球科学中一些最重要的数据分析方法进行介绍,并且使用 MATLAB 软件示例来说明其使用方法。读者在学习使用人工生成数据的相关应用示例后,可以将它们作为自己分析数据的工具。本章主要介绍数据采集(1.2 节)、数据类型(1.3 节)和适用于地球科学的数据分析方法(1.4 节)。

本书将首先探讨典型数据集的特点;然后研究使用 MATLAB 进行数据分析的方法。

1.2 数据采集

大部分地球科学数据都受到样本大小的制约且具有大量的不确定性因素,而这些数据通常用来描述较大的自然现象,例如,花岗岩体、大的滑坡或者大面积分布的沉积单元。因此,本书介绍相关方法的目的在于,探索如何通过较小的样本预测较大的总体特点(图 1.1)。合理的采样方法是获得良好数据的第一步,而建立合理的现场采样方式需要确定样本大小和空间采样方案。

样本大小包括样品体积、样品重量和现场采集的样本数量。如果在试验室进行样本分析,而大多数统计方法对样本大小又有限制,那么样本的重量或体积将成为重要的影响因素。此处,样本的大小也会影响单一样品采集子样本的数量。一方面,如果总体是非均匀的,则采样的样品必须足够大才能够反映总体的变化;另一方面,应该尽可能地减小样本的数量以减少分析的时间和成本。在确

定合适的样本大小之前,建议选取较小的试验样本。

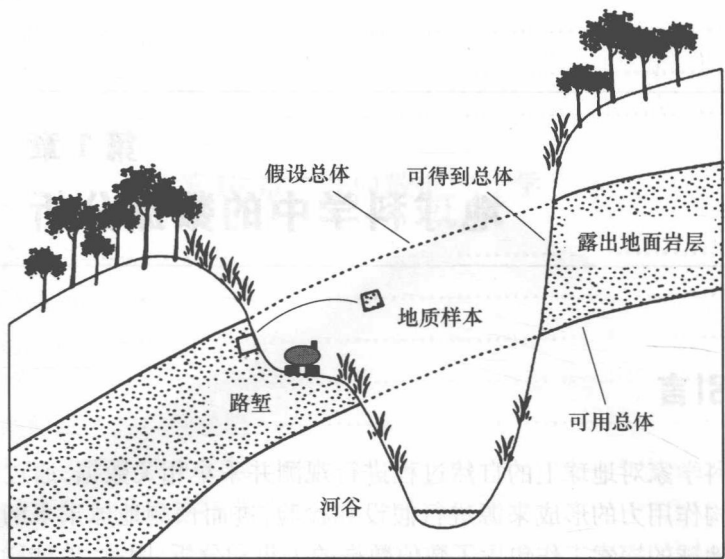
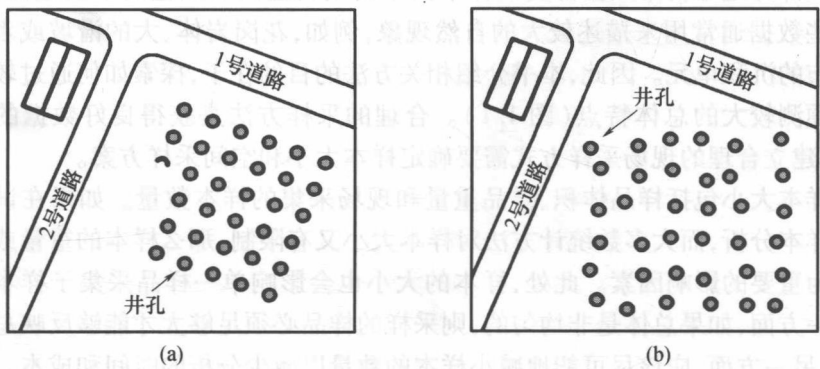


图 1.1 样本和总体

(深谷侵蚀了部分砂岩单元(假设总体),可以对露出地面的剩余砂岩(可利用总体)进行采样,如路堑和采石场(可得到的总体);注意统计学中的样本作为总体的代表和一块石头作为地质样品之间的不同)

空间采样方案的设计依赖于露出地面的岩层或其他适合采样的材料。在采石场的采样通常会得到聚类数据;而沿路堑、海岸悬崖或陡峭峡谷的采样通常是一维横向采样。如果总体是 100% 暴露或没有成本限制,则可以设计更均匀的采样模式;规则采样会形成采样位置的网格分布,而均匀采样意味着在方形网格上随机位置的采样。虽然这些采样方案期望得到良好的样本采集方法,但均匀采样趋向错过采样区域中小范围内的变化,例如,大花岗岩体中的薄铁镁矿带或在空间上受限制的化石沉积(图 1.2)。



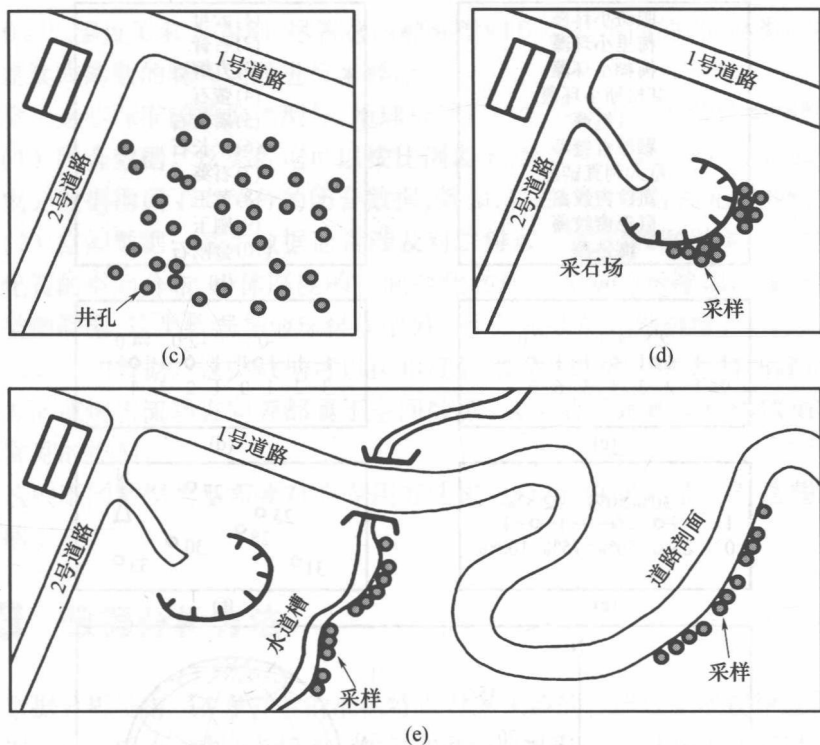


图 1.2 采样方案

- (a) 在均匀方形网格上的规则采样; (b) 通过在规则网格上随机采样得到的均匀采样;
(c) 均匀 xy 坐标系中的随机采样; (d) 受采石场限制的聚类样本; (e) 沿路堑与河流的横向采样。

正确的采样方案取决于研究对象、分析方法以及预期的结果。在选择合适的采样方法后,样品的质量还会受到大量其他因素的影响,从而导致样品不能真正反映较大的总体。例如,化学或物理变化,其他材料的污染或自然以及人为引起的置换反应,都有可能造成错误的结果和表征。因此,样品的质量、数据分析方法和分析得到结论的正确性,在每个阶段都需要进行检验。

1.3 数据类型

地球科学中的大部分数据集包含了数据测量,然而有些信息还可以用名称的列表表示,如化石和矿物(图 1.3)。有效的数据分析方法会用到地球科学中某些数据类型,相应数据类型如下:

(1) 定类数据。地球科学中的数据有时可以用名称列表表示,如从石灰石中采集化石的种类或薄地层中矿石的种类。在有些研究中,这些数据可以用二进制表示:1 表示含有相应物质;0 表示没有。特殊的统计方法可以对这些数据进行分析。

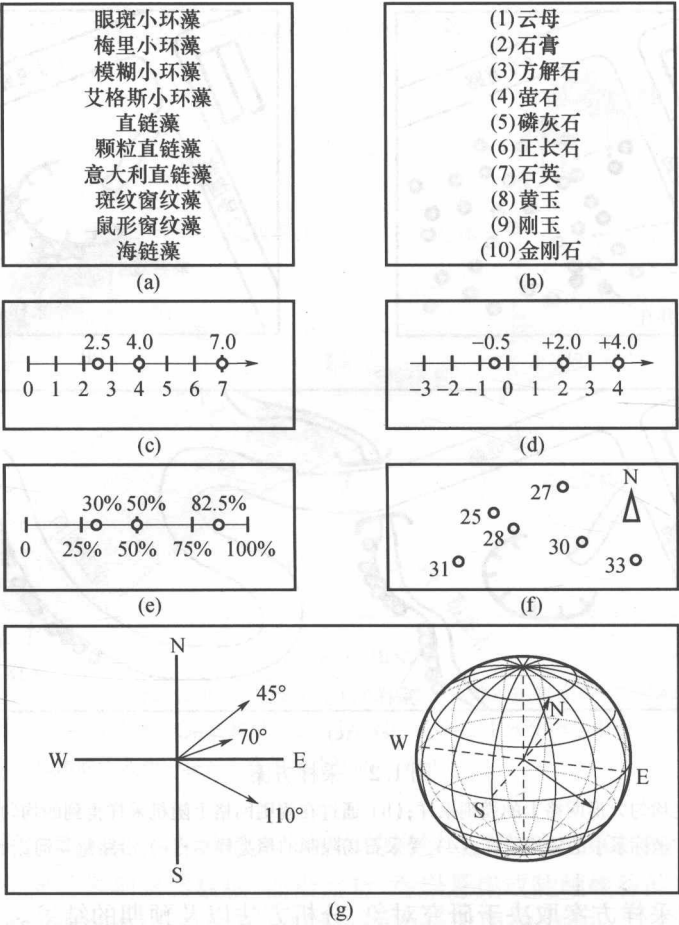


图 1.3 数据类型

(a) 定类数据;(b) 定序数据;(c) 定比数据;(d) 定距数据;

(e) 闭合数据;(f) 空间数据;(g) 方向数据。

(2) 定序数据。这类数据用来表示测量结果可以进行分级的数据,不同刻度间的距离是非均匀的。以莫氏硬度为例,硬度值反映了材料抗划伤能力。金刚石的硬度值为 10,而云母的硬度值为 1。但金刚石的绝对硬度(硬度值为 10)是刚玉(硬度值为 9)的 4 倍,是黄玉(硬度值为 8)的 6 倍。此外,以对地震影响进行分级的麦加利地震烈度为例,它将地震分为 1 级(几乎感觉不到)到 12 级(毁灭性的)。

(3) 定比数据。这类数据的特性是具有恒定的间隔,因此,定比数据比定序数据具有更多的优点。0 点是数据刻度的自然终点,这类数据可以应用于离散或连续数据采样,这类数据包括长度或重量等数据。

(4) 定距数据。这类有序数据具有恒定的连续间隔,但是数据的刻度终点

不是0。以温度 $^{\circ}\text{C}$ 和 $^{\circ}\text{F}$ 为例,尽管这两种刻度的0点是不同的,但这类数据可以采用连续或离散的时间间隔进行采样。

除了这些标准的数据类型外,地球科学家经常遇到下面的特殊类型数据。

(1) 闭合数据。这类数据可以按比例表示,而比例的和是固定的,如百分之百。成分数据构成了大部分的闭合数据,例如,岩石样品中各种元素的组分。

(2) 空间数据。这类数据通常涉及对二维或三维的数据采集。例如,某种特定化石的空间分布、砂体厚度的空间变化和地下水中的示踪剂浓度分布都是这种类型数据,这类数据是地球科学中另一个最重要的数据类型。

(3) 方向数据。这类数据可以按角度表示,例如,矿床的走向和倾角、化石延伸方向或熔岩流动方向等都属于空间数据,这类数据是地球科学数据的另一种很常见的类型。

这些不同数据类型需要对应专用方法进行分析,在1.4节将对这些方法进行说明。

1.4 数据分析方法

数据分析是指用少量样本的准确特点对感兴趣的普遍现象或规律进行推断,对数据进行分析的方法通常依赖于数据类型和项目需求,可用的方法有以下几种。

(1) 单变量法。假设每个变量与其他变量是相互独立的,而且可以独立地进行研究。在这种情况下,数据为在刻度线上的一系列点对应的数。单变量统计学包含了对最大值和最小值,平均值和相对于平均值的离散程度等信息的采集。样本可以是受到化学风化作用影响的火山玻璃碎片中的钠含量,或者是沉积层内蜗牛壳的大小。

(2) 双变量法。将两个变量一起研究确定它们之间的关系。例如:通过计算相关系数可以计算研究两变量之间的相关性;双变量回归分析可以用来得到描述两个变量之间关系的方程。以哈克图(Harker Diagram)双变量散点图为例,哈克图是用来研究地球化学数据可视化最古老的方法或简单绘制二氧化硅中氧化物的方法。

(3) 时间序列分析。这种方法将数据序列作为时间的函数进行研究。时间序列分解为长期的趋势、周期(周期的、循环的、有节奏的)分量和不规则的(任意的、随机的)分量;谱分析是描述时间序列周期分量的常用技术。这些技术应用的示例,包括沉积岩反映的气候的周期变化或地震数据的分析。

(4) 信号处理。信号处理是以最小化噪声影响,校正各种不必要误差以及分离感兴趣分量为目的,对信号进行控制和处理的技术。大多数字信号处理算法需要对滤波器进行设计和实现,这些方法常与时间序列分析结合使用,例如,提高气候时间序列、数字图像和地球物理数据的信噪比。

(5) 空间分析。对二维或三维空间数据进行分析,因此需要两个或三个参数作为坐标数据。空间分析方法主要是指用描述工具来探讨地理上分布数据的空间分布模式,也涉及利用空间回归分析检测空间变化趋势,以及二维和三维插值等技术。其中:插值技术有助于通过对表面分布的表征预测连续分布变量在整个区域的分布;空间数据的示例有排水系统的分析和构造活动地区原来地貌形状和轮廓的分析。

(6) 图像处理。图像处理与分析已经在地球科学中起到越来越重要的作用。图像处理包括图像的输入和输出、压缩和解压以及显示等。图像处理的目的是提高图像清晰度和信噪比。高级图像技术可以用来提取图像的具体特性,或分析形状和纹理,如在显微镜图像中计数矿物颗粒或化石的数量。图像处理的另一个重要应用是卫星遥感图像中岩石、土壤和植被等的绘制和其他信息,如土壤的湿度、岩石的风化和侵蚀。

(7) 多变量分析。同时对多个统计变量的观测与分析。由于多维数据很难实现图形表征,多变量分析方法中重要的是对数据进行降维。多变量分析广泛应用于地球化学数据的分析中,例如,在火山灰年代学中,火山灰层与晶屑凝灰岩的地理化学指纹图谱的相关性。另一个重要应用是古海洋环境重建中海洋沉积物中各种成分的比较。

(8) 方向数据分析。广泛应用于地球科学中圆形和球形的数据分析方法。构造地质学家对断层面擦痕(或纹理)方向的测量与分析,圆形统计方法是古地磁研究中的常用方法,同时在微观结构的研究中也有应用,如颗粒形状和石英薄片 c 轴晶向。

这些分析方法通常会用到数值方法,如插值技术。在后面的章节中主要对统计方法进行论述,同时也介绍地球科学常用的数值方法。

参考文献

- [1] Borradaile G (2003) Statistics of Earth Science Data – Their Distribution in Time, Space and Orientation. Springer, Berlin Heidelberg New York
- [2] Carr JR (1994) Numerical Analysis for the Geological Sciences. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- [3] Davis JC (2002) Statistics and Data Analysis in Geology, Third Edition. John Wiley and Sons, New York
- [4] Gonzalez RC, Woods RE, Eddins SL (2009) Digital Image Processing Using MATLAB – 2nd Edition. Gatesmark Publishing, LLC
- [5] Hanneberg WC (2004) Computational Geosciences with Mathematica. Springer, Berlin Heidelberg New York
- [6] Holzbecher E (2007) Environmental Modeling using MATLAB. Springer, Berlin Heidelberg New York
- [7] Middleton GV (1999) Data Analysis in the Earth Sciences Using MATLAB. Prentice Hall, New Jersey
- [8] Press WH, Teukolsky SA, Vetterling WT, Flannery BP (2007) Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing – 3rd Edition. Cambridge University Press, Cambridge
- [9] Swan ARH, Sandilands M (1995) Introduction to Geological Data Analysis. Blackwell Sciences, Oxford

2.1 地球科学中的 MATLAB

MATLAB 软件是 MathWorks 公司开发的软件包, MathWorks 公司由 Cleve Moler、Jack Little 和 Steve Bangert 在 1984 年创建, MathWorks 公司的总部位于马萨诸塞州的纳提克(<http://www.mathworks.com>)。设计 MATLAB 软件的目的在于实现数值计算、数据分析和可视化,以及方便地编写新程序。通过高级语言将大量的数学函数和图形函数相结合是 MATLAB 软件的优点。MATLAB 软件提供了大量可以直接使用的程序构成的程序库,用户可以方便地解决工程计算问题,其效率远远超过传统的编程语言,如 C++ 和 FORTRAN。并且通过 MATLAB 软件附带的工具箱,用户可以扩展标准数据库的应用。工具箱是特殊应用函数的集合,如图像处理、地图绘制、地理空间数据分析和偏微分方程求解等。

在过去几年中, MATLAB 软件在地球科学中的应用越来越广泛,包括有限元建模、地震数据处理、卫星图像分析,以及从卫星数据生成数字高程模型。在已发表的科技论文中, MATLAB 软件的使用也变得广泛,许多会议演讲中也使用到了 MATLAB 软件。某些大学和研究机构也认为学生和工作人员有必要参加 MATLAB 培训,许多学校地球科学系都为本科生开设了 MATLAB 课程。MathWorks 公司以合适的价格为老师提供教学版软件,学生也可以购买价格更低的学生版软件,从而以较低成本提高 MATLAB 软件的使用技能。

本章各节以使用指南形式对 MATLAB 软件进行简单介绍,包括软件的安装(2.2 节)、语法(2.3 节)、数据输入和输出(2.4 和 2.5 节)、编程(2.6 节)和可视化(2.7 节),也包括使用 M 文件生成图形(2.8 节)和 M 文件的发布(2.9 节)。建议在学习完本章为软件应用打下较好基础后再学习后续章节,更详细地介绍可以从《MATLAB 7 入门指南》一书中得到(The MathWorks, 2010),包括指南的打印版,或者是在线的 PDF 文件。

书中使用的 MATLAB 软件版本为 7.0 版(Release, 2010a),图像处理工具箱版本为 7.0,绘图工具箱版本为 3.1,信号处理工具箱版本为 6.13,统计工具箱版