

IMSL

〈第九版〉

集成数学 / 统计学算法库

第 一 卷

辛 德 明 编 译

常 伯 浚 审 校

学 术 书 刊 出 版 社

总 目 录

第一卷 辛德明 编译

A 章 方差分析

C 章 分类数据分析

B 章 基本统计学

D 章 微分方程、积分和微分

第二卷 岳德绪 编译

E 章 特征系统分析

G 章 随机数的产生和检验

L 章 线性代数方程

F 章 预测、计量经济学、时间序列及变换

I 章 插值、逼近和光滑

第三卷 常伯浚 编译

M 章 数学和统计学特殊函数

O 章 观测数据结构；多元统计学

S 章 抽样分析

N 章 非参数统计学

R 章 回归分析

第四卷 王秀喜 编译

U 章 公用子程序

Z 章 零点和极值；线性规划

V 章 向量——矩阵计算

ISBN 7-80045-284-0/TP·8

四卷总定价：170.00元

IMSL

集成数学 / 统计学算法库

(第一卷)

辛德明 编译

常伯浚 审校

学术书刊出版社

内 容 简 介

本书为国际著名的大型集成数学/统计学算法库IMSL的汇编,包括了IMSL用户使用手册、用户参考手册及FORTRAN源程序的全部内容。

该IMSL算法库可广泛应用在数学/统计学领域,供科学研究、工程设计与分析、医学、经济学、计量学等方面使用,作为应用和开发软件的基础,也可当作教学和算法研究的工具。

全书共四卷十七章,约700个子程序模块,每一算法均包括如下各部分:程序功能;变量说明;编程说明;算法;参考文献;算例;FORTRAN源程序等。

该程序求解范围广,使用方便,算法先进可靠,计算精度高,并已移植到国内多种计算机上,提供用户使用。

本书读者范围很广,主要是数学/统计学算法领域中的研究人员、工程设计人员、编程人员及大专院校师生。

IMSL集成数学/统计学算法库(第一卷)

(第九版)

原 著	[美国]IMSL库参考手册
编 译	辛德明
审 校	常伯浚
责任编辑	王 洪 袁清林

* * *

学术书刊出版社出版 北京海淀区学院南路86号
航空航天部三院印刷厂印刷

* * *

开本: 787×1092毫米 1/16 总印张: 151 总字数: 5895千字
1990年5月第1版 1990年5月第1次印刷
印数: 0001—1000 四卷总定价: 170.00元
ISBN 7-80045-284-0/TP·8

总 目 录

第 一 卷 (辛德明编译)

引 言	(2)
子程序目录	(12)
A 章 方差分析	(25)
B 章 基本统计学	(112)
C 章 分类数据分析	(261)
D 章 微分方程、积分和微分	(294)

第 二 卷 (岳德绪编译)

子程序目录	(476)
E 章 特征系统分析	(499)
F 章 预测、计量经济学、时间序列及变换	(613)
G 章 随机数的产生和检验	(724)
I 章 插值、逼近和光滑	(867)
L 章 线性代数方程	(973)

第 三 卷 (常伯浚编译)

子程序目录	(1109)
M 章 数学和统计学特殊函数	(1129)
N 章 非参数统计学	(1381)
O 章 观测数据结构; 多元统计学	(1492)
R 章 回归分析	(1578)
S 章 抽样分析	(1713)

第 四 卷 (王秀喜编译)

子程序目录	(1767)
U 章 公用子程序	(1791)
V 章 向量-矩阵计算	(1895)
Z 章 零点和极值; 线性规划	(2206)

引 言

IMSL(Integrated Mathematics Statistics Library)集成数学/统计学算法库是一套用高级程序语言编写的大型计算机程序,由美国IMSL公司研制开发,测试和验证,在国际上得到了广泛的应用。

该IMSL库是一个综合性的数学和统计学算法FORTRAN程序库,其特点是解题范围广,使用方便,算法先进可靠,可移植性强,求解精度高,可广泛地应用于科学研究、工程分析以及医学、计量经济学、统计学等领域,为各种应用和研究程序提供求解方法和求解器。

本书的主要目的是向IMSL各种版本的用户提供完整的资料,其中包括速查指南、程序功能、调用方式、变量说明、算法、编程说明、考题算例以及参考文献,同时也为求解方法和求解器的编程人员提供了经过考核的FORTRAN源程序。本书包括了IMSL使用手册、参考手册和源程序的全部内容,为IMSL库各种版本的使用、维护、定期修改和更新提供了极大的便利。

在本书的编译过程,以IMSL库1982年第九版为资料蓝本,源程序采用Honeywell机版本,并先后在VAX-11/780机及IBM-PC微机上调试通过,同时参考了<STRY库使用说明>(中文内部资料,由科学院计算所、清华、北大等单位编译的IMSL库第八版使用说明)以及部分书中所列参考文献。

1. IMSL库第九版简介

第九版IMSL集成数学/统计学算法库是美国德克萨斯州休斯敦市的IMSL公司研制、开发并于1982年推出的新版本,它是在前面几种版本的基础上经扩展、更新后推出的版本,因此兼容了第八版及以前各版本的内容。

第九版IMSL库包括691个子程序模块,107782条FORTRAN语句行(含说明语句及HELP文件)。

1.1 本书的组织安排

本书是按照便于选取子程序文本资料的方式安排的。全部子程序分别编入十七章的总目录中。每章均由该章名字的一个字母确定。例如,“基本统计学”、“特征系统分析”和“随机数的生成和检验”(即“Basic Statistics”、“Eigensystem Analysis”和“Generation and testing of Random Numbers”),取其英文题目的第一个字母,分别定为B章、E章和G章。其余各章依此类推。每章中各子程序之间,则以程序名的英文字母顺序排列。

本书分四卷出版,页码则采取统一编排方式,即第二卷的页码由第一卷的页码接排,余此类推,以便于用户查找。各章内子程序名的第一个字母与章名相同,其排列顺序按子程序名的第二个字母的英文顺序编排,即词典式的方式编排。例如A章各子程序的先后顺序为ABIBN,ACRDAN,AFACN,AGBACP,……。如第二个字母相同,则按第三个字母的顺序排列,余此类推。

1.2 IMSL 库的结构

IMSL 库按解题领域划分成十七章,各章子程序模块的多少不同。例如, S 章(Sampling, 抽样分析)只有8个子程序模块,而V 章(Vector - Matrix Arithmetic, 向量-矩阵计算)则包括了155个子程序模块。

仅由某算法子程序调用的核心子程序(Nucleus)只给出少量必要的信息,而变量说明、算法、编程说明、参考文献、以及算例等在其算法子程序中给出。

IMSL 库采用模块式结构,各求解算法中相同功能部分,独立编制程序模块,作为公共模块供各算法模块调用。对于规模较大的算法模块,则采用分级结构,将整个程序分成若干模块,建立若干级的调用关系,以形成一个完整的程序。

IMSL 库,除 U 章外,均不包括输入/输出功能。各算法程序的输入/输出功能均集中在 U 章的专门子程序中。例如, UERTST 专门用于输出错误信息, USHIST 用于打印垂直直方图, USWBM 用于打印一个按带状存储方式存储的矩阵.....

IMSL 库在结构上具有可移植性及可扩充性,尽量减少对机器的依赖性。依据用户的需要和新方法的出现,扩充新的章节或各章中的模块是很容易实现的。为使程序向不同类型的计算机上移植,程序的改动工作量也应尽量少。

2. IMSL 库在国内的现状

自 1982 年开始,中国国内陆续引进和开发了 IMSL 库的第八版和第九版。

在国家科委、北京数学学会的组织领导下,由科学院计算中心、北大、清华、计委计算中心、上海计算所和石油开发研究院等单位组成工程协作组,于 1983 年 5 月完成了 IMSL 第八版的移植和文件编制工作,并将该程序定名为 STYR(数学统计学应用软件)试行版,陆续在国内一些单位推广使用。

航空航天部三院和中国科技大学等单位于 1986 年引进了 IMSL 库第九版,并随后在 VAX11/780 机和 IBM-PC 微机上移植成功,定名为 TSTK 库(通用数学/统计学库)。

随着 IMSL 库的推广使用,并向更多类型的计算机上移植,将产生巨大的经济效益和社会效益。

本书的正式出版发行,将进一步促进 IMSL 库的推广和开发。

3. 计算机及其编译系统,程序库测试

IMSL 库的不同机型版本,可在众多大、中、小型计算机和微机上运行,例如国内已在 L-340、IBM4341、VAX 11/780、Apollo、CV4000、IBM-PC、Honeywell 等计算机上成功地调试通过了 IMSL 库。

3.1 计算机及其编译系统

IMSL 库对如下计算机及其编译系统,或与之兼容的环境是可移植的。此外,对其他计算机及其编译系统也可进行试验移植。

计算机	编译系统	标识符	字长
IBM360/370/43××/ 30××/及兼容机	FORTRAN IV.(G1, H, 及 H 扩充)[6]WATFIV[10]	IBM	H32
Data General Eclipse/Nova	FORTRAN5[11]	DGE	H32

计算机	编译系统	标识符	字长
Digital Equipment PDP-11 系列	FORTRAN IV -plus[14]	DEC11	H32
Hewlett Packard 3000 系列	FORTRAN 3000[13]	HP3000	H32
Data General MV/8000 和 MV/6000	AOS/VS FORTRAN 77[9]	DG7	H32
Hewlett Packard 1000 系列	FORTRAN 77[19]	HP1000	H32
Prime 300/400/500, 50 系列	FORTRAN IV [17]	PRIME	H32
Perkin-Elmer 32 位系列	FORTRAN VII [18]	PERKEL	H32
Univac 1100 系列	ASC II FORTRAN[25] FORTRAN V [8]	UNIVAC UNIFOR	H36 H36
Honeywell 和 (Cii) Honey- well Bull 6000/66/68/DPS-8 系列	66/6000 FORTRAN[7]	HIS	H36
DEC 10/20	FORTRAN 10[5] 和 FORTRAN 20[4]	DEC10	H36
Burroughs 6000/7000 系列	B7000/B6000 FORTRAN[2]	BGH	H48
Harris 80/100/300/500/800	FORTRAN 77[21]	HARRIS	H48
Control Data 6000/7000 和 Cyber 70/170 系列	FTN 5[22] 扩展 FORTRAN[3]	CDCFT5 CDC	H60 H60
Control Data Cyber 200 系列	Cyber 200 Fortran[23] Cray FORTRAN[24]	CDC205 CRAY	H60 H60

FORTRAN 参考手册

[1] American National Standard FORTRAN-ANSI X3.9-1966, American National Standards Institute, New York, NY, 1966

美国国家标准 FORTRAN-ANSI X3.9-1966,

美国国家标准局, 纽约, 1966

[2] Burroughs B6700/B7700 FORTRAN Reference Manual, 5000458, Burroughs Corporation, 1974

宝来 B6700/B7700 FORTRAN 参考手册, 5000458,

宝来公司, 1974

[3] FORTRAN Extended Version 4 Reference Manual, 60497800, Control Data Corporation, January, 1981

第四版扩展 FORTRAN 参考手册, 60497800, CDC 公司, 1981.1

[4] DEC System 20 FORTRAN Reference Manual AA-4158B-TM, Digital Equipment Corporation, April, 1977

DEC 系统 20, FORTRAN 参考手册, AA-4158B-TM, DEC 公司, 1977.4

[5] DEC System 10 FORTRAN 10 Language Manual, AA-0944E-TB, Sixth Version, Digital

Equipment Corporation, January, 1977

DEC 系统 10, FORTRAN 语言手册, AA-0944E-TB, 第六版, DEC 公司, 1977.1

[6]IBM System/360 and System/370 FORTRAN IV Language, GC28-6515-10, Eleventh Edition, International Business Machines Corporation, 1974

IBM 360/370 系统 FORTRAN IV 语言, GC28-6515-10, 第十一版, IBM 公司, 1974

[7]Series 60(Level 66) Software FORTRAN, DD02 Rev. 0, Honeywell Information Systems, Inc. 1976

60 系列(66 级) 软件 FORTRAN, DD02, Rev. 0, Honeywell 信息系统公司, 1976

[8]Univac 1100 Series FORTRAN V Programmer Reference, UP-4060 Rev. 2, Sperry Rand Corporation, 1974

Univac 1100 系列 FORTRAN V 程序员参考手册, UP-4060 Rev. 2 版, Sperry Rand 公司, 1974

[9]FORTRAN77 Reference Manual, 093-000162-01, Revision1, Data General Corporation, March, 1981

FORTRAN77 参考手册, 093-000162-01, 第一版, DGC 公司, 1981.3

[10]WATFIV User's Guide, Version1, Level5, University of Waterloo, 1977

WATFIV 用户指南, 第 1 版第 5 级, 滑铁卢大学, 1977

[11]FORTRAN5 Reference Manual AOS, 093-000154-01, Revision1, Data General Corporation, January, 1981

FORTRAN5 参考手册 AOS, 093-000154-01, 第一版, DGC 公司, 1981.1

[12]PDP-11 FORTRAN Language Reference Manual, DEC-11-LFLRA-C-D, Digital Equipment Corporation, June 1977

PDP-11 FORTRAN 语言参考手册, DEC-11-LFLRA-C-D, DEC 公司, 1977.6

[13]HP3000 Series II Computer System FORTRAN Reference Manual, Part No. 3000-90040, Hewlett-Packard, February 1977

HP3000 系列 II 计算机系统 FORTRAN 参考手册, No. 30000-90040 部分, Hewlett-Packard 公司, 1977.2

[14]PDP-11 FORTRAN IV - plus User's Guide, DEC-11-LFPUA-B-D, Digital Equipment Corporation, January 1977

PDP-11 扩展 FORTRAN IV 用户指南, DEC-11-LFPUA-B-D, DEC 公司, 1977.1

[15]VAX-11 FORTRAN Language Reference Manual, AA-D034B-TE, Digital Equipment Corporation, April 1980

VAX-11 FORTRAN 语言参考手册, AA-D034B-TE, DEC 公司, 1980.4

[16]Betriebsystem BS1000, BS2000, FORTRAN IV, Siemenssystem 7.700 und Siemenssystem 4004, 1, Ausgabe, Februar 1979 [BS1000, Version 1.5, BS2000, Version 5.0] Bestellnummer D15/5727-01

BS1000, BS2000 FORTRAN IV, 西门子 7.700 系列和 4004 系列, 1979.2 [BS1000, 1.5 版本, BS2000, 5.0 版本] D15/5727-01

[17]The FORTRAN Programmer's Guide, FDR 3057, Prime Computer, Incorporated, 1979

FORTRAN 程序员指南, FDR3057, Prime 计算机公司, 1979

[18]FORTRAN VII Reference Manual, Perkin-Elmer Corporation, March 1979

FORTRAN VII 参考手册, Perkin-Elmer 公司, 1979.3

[19]FORTRAN 77 Reference Manual, 92836-90001, Hewlett-Packard, December, 1981

FORTRAN 77 参考手册, 92836-90001, Hewlett-Packard 公司, 1981.12

[20]IBM 77 VS FORTRAN Application Programming: Language Reference, GC-26-986, Second Edition, January 1982, IBM

IBM 77 VS FORTRAN 应用程序编程: 语言参考手册, 第二版, IBM 公司, 1982.1

[21]HARRIS FORTRAN Reference Manual, 0861004, Harris Corporation, August, 1979

Harris Fortran 参考手册, 0861004, Harris 公司, 1979.8

[22]FORTRAN Version5 Reference Manual, 60481300, Control Data Corporation, January 1981

第5版 FORTRAN 参考手册, 60481300, CDC 公司, 1981.1

[23]CDC CYBER 200 FORTRAN Language 1.5 Reference Manual, 60457040, Rev. C Control Data Corporation, 1980

CDC CYBER FORTRAN 语言 1.5 版本参考手册, 60457040, Rev. C CDC 公司, 1980

[24]CRAY-1 FORTRAN (CFT) Reference Manual, 2240009, Cray Research, Inc., 1979

CRAY-1 FORTRAN (CFT) 参考手册, 2240009, Cray 研究公司, 1979

[25]FORTRAN (ASC II) Level 9R1 Programmer Reference, Sperry Rand Corporation, 1979

9R1 级 FORTRAN (ASC II) 程序员参考手册, Sperry Rand 公司, 1979

3.2 IMSL 库动态测试程序包

在 IMSL 库的移植安装过程中, 通过静态语法检查之后, 需进行动态测试, 即对 IMSL 库中每一个算法子程序进行考题测试。所有标准考题及其标准结果, 均列在各解法子程序的算例中。

由于各算例给出的输入和输出多为数学表示形式, 而不全为 FORTRAN 程序形式。因此, 为保证 IMSL 库移植安装的正确性, 该动态测试程序包是十分有用的。特别对不同机型及其编译系统之间的移植和安装, 动态测试更是必不可少的。此外, 对新扩充和修改过的软件进行测试, 也是“性能保证测试过程”的组成部分。

该 IMSL 动态测试程序包 IMSLTP 是由本书编译者编制完成的, 是一个 FORTRAN 程序包, 包括了近 600 个子程序, 约 15000 条 FORTRAN 可执行语句, 可对 IMSL 库所有算法子程序进行动态检测。按用户的要求, 可进行自动检测, 即程序包自动对 IMSL 库全部算法子程序进行一次性检测, 并给出全部考题的计算结果。也可进行由用户控制的单个或部分算法子程序的检测。

该 IMSLTP (IMSL Test Package) 程序包使用方便灵活, 是移植安装 IMSL 必不可少的检测手段, 可极大地减少用户编制检测程序的负担。如有需要, 读者可与编译者单位(邮政编码 100074, 北京市 7203 信箱 170 分箱) 系。该 IMSLTP 程序包将以资料文本、磁带或软盘形式提

4. IMSL 库的特点

本节讨论 IMSL 库及其文件的特点, 使用户对 IMSL 库有一个完整的了解。IMSL 库的子程序有如下特点:

- <1> 在本节提到的设备环境中完成各子程序的测试;
- <2> 每个具有错误诊断能力的子程序,可使用户避免错误。如果用户在某些方面忽略了产生错误的可能性,那么将打印出警告信息。详见本节的错误预防措施部分;
- <3> 每一个子程序均遵守程序中和文本资料中设定的规则;
- <4> 程序本身和其文本资料的设计和编制,均考虑到用户是下述领域中的技术人员:科学、工程、医学、农业
- <5> 结果的精度、文件的清晰度以及代码的有效性,都是在程序过程的开始时首先给定的;
- <6> 用户感兴趣的数学/统计学算法,在所列的参考文献中均有详细的介绍;
- <7> 求解过程中,如数学解法失效,则给出有关信息。对应避免的隐蔽的易出现的错误,也尽量在本书的有关章节中予以事先提醒;
- <8> 在本引言中给出的所有信息,适用于各个子程序。在各子程序中给出的有关信息,仅适用于该子程序;
- <9> 计算机可读文本(HELP 文件)允许在线访问,供用户随时查询;
- <10> 对称、带状、带状对称及 Hermitian 矩阵存贮方式是在中央存贮器内存贮时使用的。详见“矩阵/向量存贮模式”一节;
- <11> 所有算法子程序均有算例,说明输入和输出信息;
- <12> 除 U 章的某些子程序外,所有其他各子程序均不执行输入/输出功能。

5. 文件资料的组织编排

IMSL 说明文本的每一章的第一节,均包括了如下信息作为本章的简介:

章名;

本章功能的速查指南;

功能特征;

本章的命名规则;

用法特殊说明(选择性的,依需要而定);

细节说明(选择性的,依需要而定);

预防错误的说明(选择性的,依需要而定)。

随后是各子程序的说明。它包括两部分,第一部分是源程序中各子程序开头部分的说明行内容,包括:

IMSL 程序名 < 子程序名 >;

用途 该子程序功能;

调用方式 对子程序或函数子程序的调用方式;

变量说明 描述调用方式中子程序各变量;

精度/硬件描述符 依设备环境而定的专门信息,说明使用的精度;

需调用的 IMSL 子程序 本子程序需直接或间接调用的其他子程序名的列表;

专用符号和约定 说明本子程序的专用符号和约定遵从的规则;

附注(选择性的) 编写调用程序的细则说明。

第二部分内容不在源程序说明行中出现,它包括:

算法 算法的简要说明、公式等,以及参考文献;
编程说明(选择性的) 其他部分未涉及到的编程细节说明;
精度 关于该子程序计算精度的说明;
算例 给出一个具体算例,输入以及输出。

5.1 说明文件的规定和符号表示

说明文件是以独立于具体计算机及其编译器的形式编写的,因此具有通用性。当需要的时候,也编写少量的依赖于计算机及其编译器的说明文件。

说明文件中可以使用助记符表示依赖于某具体型号计算机及其编译系统,也可使用硬件描述符表示依赖于某类计算机及其编译系统。详见 3.1 节计算机及其编译系统列表中的助记标识符和硬件描述符(字长)。

对某类计算机如使用单精度(SINGLE),对另外一类计算机如使用双精度(DOUBLE),在这种情况下,则文件中的“精度/硬件描述符”一项就规定了各种计算机设备环境,例如,语句

精度/硬件描述符

双精度/H32

单精度/H36, H48, H64

表示双精度版本适用于硬件描述符为 H32 的所有计算机(即 32 位字长计算机),而单精度版本则用于硬件描述符为 H36、H48 和 H60 的所有计算机。

某些 IMSL 子程序名没有列在相应的章内,在这种情况下,说明中的 P=R 用于表示子程序 R 列在本书的 P 章中。例如, MERF=ERF 表示子程序 ERF 即为本手册的 MERF 程序。

通常,变量的排列顺序如下:

输入变量;

输入/输出变量;

输出变量;

工作数组;

出错参数。

输入变量必须由用户对其初始化。输入/输出变量也必须由用户初始化,输出时由程序控制返回给用户。输出变量则由程序控制并返回给用户。以上变量不一定均为常量或表达式,也可以为矩阵、向量、数组等。工作数组则用于提供程序中间计算过程中所用的空间,用户必须提供文件中规定的空间大小。出错参数在下面“错误监测手段”中讨论。

某些 IMSL 子程序的变量要求以字符串的形式提供,以便标记题目等的打印输出。有两类字符串的形式可提供使用,即

Hollerith 形式: 15HTHIS IS A TITLE, 15

字符形式: 'THIS IS A TITLE ', 15

字符串之后的数字表示字符串的长度。

多数编译器只允许其中一种形式,即所有字符串只能是 Hollerith 形式或字符串形式两者之一。例如,字符串形式用于如下的计算机及其编译系统环境: DG7, HP100G, UNIVAC, UNIFOR, CDC205 以及 CDCFT5, 而其他的计算机及其编译系统则必须使用 Hollerith 形

式(详见 3.1 节)。

有些计算机及其编译系统在使用字符形式的同时, 还可支持变字长字符数据类型。它们是 DG7, HP1000, UNIVAC 以及 CDCFT5。可变长度字符类型的优点是: 程序可使用 FORTRAN 77 的 LEN 功能来决定字符串的长度。该 LEN 功能不管何时使用均以一个负数表示长度变量, 例如:

CALL SUB ('THIS IS A TITLE', -1,) 可用以代替

CALL SUB ('THIS IS A TITLE', 15,) 且其长度由程序判定。

5.2 输入/输出的规定

除 U 章的某些子程序外, 所有 IMSL 子程序均无输入/输出功能。U 章中执行输入/输出的各子程序均需调用 UGETIO 以便获得当前输入/输出单元标识符的值。用户也可调用 UGETIO 对输入/输出单元标识符设定新值, 从而导致其他 IMSL 子程序在以后的输入/输出均在新定义的单元上进行。详见 UGETIO 子程序说明。

5.3 错误监测

大多数 IMSL 子程序均以出错参数 IER 作为最后一个变量。当子程序检测到错误后, 就将 IER 设定为一个相应值并返回到调用程序。各相应值的含义均在程序变量说明中给出定义。如果 IER=0 返回, 则表示检测无错误。

IMSL 各子程序变量表中, 有时会出现一个附加的出错参数 INFER, 并排在 IER 之前。这个参数用于表示额外的错误信息, 如果需要的话, 还可以将它定义为数组或纯量。

在 U 章中有一个子程序 UERTST, 它可被大多数 IMSL 子程序调用, 用于打印相应的信息。

子程序 UERTST 按其输入变量 IER 的值, 辨识错误性质并将它们分为三类, 即三个不同的出错等级:

(1) 警告性错误——其范围为 $32 < IER < 64$ 。程序在运算过程中, 产生这类错误时, 则警告用户, 表示某个临界的条件已检测到。这种错误性质并不影响程序的运行。

(2) 严重警告性错误——其范围为 $64 < IER < 128$ 。这是一类较警告性错误更为严重的出错类型。程序可对产生这类错误的原因进行修正, 并继续运行。

(3) 终止性错误——其范围为 $128 < IER$, 出错性质最为严重的一种, 一旦发生这类错误, 程序立即停止运行并返回。

有些错误程序中未设置检测, 无法给出错误参数, 但预先可以估计产生某种错误的可能性。有关这方面的讨论, 留待具体子程序的说明中进行。

如果上述三种出错类型在运行中被检测到, 则给 IER 赋相应的值, 同时调用 UERTST 并通过它打印出错误信息, 其中包括调用的子程序名和出错参数 IER 的值。

另一个称为 UERSET 的子程序则允许用户有选择地删除 UERTST 打印的信息。详见 UERSET 的详细说明。为了在运行中删除 UERTST 的打印信息, 可在主程序中简单地设置一个如下语句:

CALL UERSET(0, LEVOLD)

用户也可以编写一个 UERTST 子程序以替代原有的 UERTST 子程序, 同样要按原 UERTST 说明的规定设置两个变量, 使它不执行打印而只执行特殊应用所需要的管理操作。

5.4 矩阵/向量存贮方式

IMSL 库的多数子程序是用于处理矩阵和向量的，用户应熟悉它们在 FORTRAN 中的形式。所研究的实际问题就是以这种形式用 FORTRAN 语言定义和编写的。3.1 节中设备环境的 FORTRAN 参考手册提供了有关必要信息。本节的主要目的是对其作一简要介绍，并对 IMSL 库所采用的其他存贮方式给出定义。

(1) 满存贮方式

向量一词在此是指一维 FORTRAN 数组，而矩阵是 FORTRAN 二维数组。FORTRAN 数组占有一段连续的存贮位置。例如长度为 10 的向量占有 10 个存贮位置，并顺序对应 $V(1)$, $V(2)$, ..., $V(10)$ 。向量 V 在 FORTRAN 程序中用如下维数语句说明：

```
DIMENSION V(10)
```

以相同的方式说明矩阵，但要使用二维界来表示。例如，一个 10×20 的矩阵 A ，则用如下形式的维数说明语句：

```
DIMENSION A(10, 20)
```

其中数字 10 为第一维的界，20 为第二维的界。它定义了有 200 个顺序连接的存贮位置，并顺序称之为 $A(1, 1)$, $A(2, 1)$, ..., $A(10, 1)$, $A(1, 2)$, $A(2, 2)$, ..., $A(10, 2)$, ..., $A(1, 20)$, $A(2, 20)$, ..., $A(10, 20)$ (即矩阵按列存贮)。在本 IMSL 文件中，称这种形式的存贮为“满存贮方式”。

一个 5×5 的子矩阵 ($A(I, J)$, $I=1, 5$, $J=1, 5$) 则存贮在 25 个位置上。尽管 A 是 10×20 的矩阵，但通过它还是可以将 5×5 的子阵传递给 IMSL 的子程序，这是因为在子程序中使用了可调数组措施。

假设 5×5 的子矩已被赋值，置变量 N 为 5, A 的行界 IA 为 10, 则下列过程的调用语句将正确地传递 A 给子程序 SUBR:

```
DIMENSION A(10, 20)
```

```
IA=10
```

```
N=5
```

(给 5×5 子矩阵各元素赋值)

```
CALL SUBR (A, IA, N)
```

子程序 SUBR 将使用下述语句:

```
SUBROUTINE SUBR(A, IA, N)
```

```
DIMENSION A(IA, N)
```

```
END
```

许多 IMSL 子程序都采用 FORTRAN 可调数组的特点。在这类子程序的文本说明中，用 A 表示矩阵， N 表示矩阵 A 的阶 (或 A 的行界)， IA 则为调用程序中维数语句实际规定的行界。如非方阵，则需另一变量 M 规定矩阵的列界，在本例中 $M=20$ 。但 IMSL 库中并不需要定义 M ，通常写为 1 (即 $\text{DIMENSION } A(IA, 1)$)。这种情况下，可理解为该子程序将按调用程序中维数语句规定的列界来定义。

IMSL 库还使用另外一些存贮方式，以便节省计算机的存贮单元，下面将予以具体说明。

(2) 对称存贮方式

对称矩阵具有下列性质: $A(I, J) = A(J, I)$ 。对称存贮方式是将矩阵主对角线各元素及其下三角各元素以向量方式存贮(按行存贮)。

这些元素存贮的顺序及其在存贮器中的分布如下排列。其中 A 为一对称矩阵, B 为一向量:

$$[A] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} a_{11} & \text{对} \\ a_{21} & a_{22} & \text{称} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ a_{22} \\ a_{31} \\ a_{32} \\ a_{33} \end{bmatrix} = B$$

在对称存贮方式中, 一个 $n \times n$ 矩阵被缩减为一个长度为 $n(n+1)/2$ 的向量, 矩阵的第 (i, j) 个单元就是向量的第 K 个单元, 其中

$$K = (i(i-1)/2) + j$$

如果 $i < j$, 则单元 (i, j) 等于单元 (j, i) 。

以这种方式存贮一个矩阵, 可以节省 $n(n-1)/2$ 个单元。

(3) 带状和对称带状存贮方式

如果一个 $n \times n$ 的带状矩阵, 其非零元素集中在第 k 条下次对角线和第 j 条上次对角线之间, 则带状存贮方式是将该 $n \times n$ 阶矩阵化为 $n \times (k+j+1)$ 阶矩阵, 原主对角线各元素落在第 $k+1$ 列上。

例如, 有一个 5×5 的带状矩阵 A , 具有 1 条下次对角线和 2 条上次对角线, 按带状存贮, 存放在矩阵 B 中:

$$[A] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & 0 \\ 0 & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ 0 & 0 & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ 0 & 0 & 0 & a_{54} & a_{55} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{43} & a_{44} & a_{45} & 0 \\ a_{54} & a_{55} & 0 & 0 \end{bmatrix} = [B]$$

如为带状对称存贮方式, 则一个 $n \times n$ 阶的矩阵应有 k 条下次对角线和 k 条上次对角线, 存贮后的矩阵化为一个 $n \times (k+1)$ 阶矩阵, 主对角线元素落在第 $k+1$ 列, 且仅存贮主对角线各元素和 k 条次对角线上各元素。

例如, 一个 5×5 阶矩阵, 为带状对称矩阵。具有一条下次对角线和一条上次对角线, 按带状对称存贮方式存贮在矩阵 B 中。

$$[A] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & 0 & 0 \\ 0 & a_{32} & a_{33} & a_{34} & 0 \\ 0 & 0 & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ 0 & 0 & 0 & a_{54} & a_{55} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & a_{11} \\ a_{11} & a_{22} \\ a_{32} & a_{33} \\ a_{43} & a_{44} \\ a_{54} & a_{55} \end{bmatrix} = [B]$$

(4) Hermitian 存贮方式

一个 $n \times n$ 阶的 Hermitian 矩阵以 Hermitian 存贮方式存贮时, 则化为一个 $n(n+1)/2$ 的复向量。只有主对角线及主对角线以下的元素被存贮(按行存贮)。其存贮方式与实型矩阵对称存贮方式相似。详见第(2)项对称存贮方式。

5.5 程序设计的约定——下溢和上溢

一般情况下, 设计的 IMSL 程序不会引起下溢。若系统(硬件和软件)发生下溢时, 则寄存器中置为零。因此, 系统若给出下溢出错信息, 可以不用管它。

在 IMSL 库程序的设计中, 已尽量避免上溢, 如果作业进行中系统发出上溢错误信息, 则应由用户检查所编制程序是否存在错误, 诸如不正确的输入数据, 变量类型不协调, 维数说明语句不正确, 等等。

子程序目录

A 章 方差分析

- ABIBN 平衡不完全区组和平衡网格设计分析
(ABIB) 精度: 单精度和双精度/H32
 单精度/H36, H48, H60
 调用: UERTST, UGETIO
- ACRDAN 一维分类设计数据分析
(ACRD) 精度: 单精度和双精度/H32
 单精度/H36, H48, H60
 调用: UERTST, UGETIO
- ACTRST 对比度估计与平方和
(ACTR) 精度: 单精度和双精度/H32
 单精度/H36, H48, H60
 调用: 单精度/无
 双精度/VXADD, VXMUL, VXSTO
- AFACN 具有方差结果均值或方差结果分析选择的满因子规划分析
(AFAC) 精度: 单精度和双精度/H32
 单精度/H36, H48, H60
 调用: 单精度/UERTST, UGETIO
 双精度/UERTST, UGETIO, VXADD, VXMUL, VXSTO
- AFACN 满因子规划分析(易用型)
(AFAT) 精度: 单精度和双精度 H32
 单精度/H36, H48, H60
 调用: 单精度/AFACN, UERTST, UGETIO

双精度 / AFACN, UERTST, UGETIO, VXADD, VMUL, VXSTO

AGBACP 平衡完整试验设计结构数据的分析
(AGBA) 精度: 单精度和双精度 / H32
单精度 / H36, H48, H60
调用: 单精度 / AFACN, UERTST, UGETIO
双精度 / AFACN, UERTST, UGETIO, VXADD, VMUL, VXSTO

AGLMOD 一般线性模型分析
(AGLM) 精度: 单精度和双精度 / H32
单精度 / H36, H48, H60
调用: 单精度 / LINV3F, LUDATN, LUELMN, UERTST, UGETIO, VCVTFS, VCVTSF, VIPRFF, VMULFF, VMULFS, VTPROF
双精度 / LINV3F, LUDATN, LUELMN, UERTST, UGETIO, VCVTFS, VCVTSF, VIPRFF, VMULFF, VMULFS, VTPROF, VXADD, VMUL, VXSTO

AGVACL 方差分量的单侧或双侧区间估计
(AGVA) 精度: 单精度和双精度 / H32
单精度 / H36, H48, H60
调用: H32 / MDBETA, MDBETI, MDFI, MLGAMD = DLGAMA, UERTST, UGETIO
H36, H48, H60 / MDBEA, MDBETI, MDFI, MLGAMA = ALGAMA, UERTST, UGETIO

AGXPM 平衡完整设计模型的期望均方估计
(AGXP) 精度: 单精度和双精度 / H32
单精度 / H36, H48, H60
调用: 单精度 / UERTST, UGETIO, VSRTRD, VXADD, VMUL, VXSTO

ALSQAN 拉丁方设计数据的分析
(ALSQ) 精度: 单精度和双精度 / H32
单精度 / H36, H48, H60
调用: UERTST, UGETIO

AMEANS 不加权均值法分析不平衡数据集的准备
(AMEA) 精度: 单精度和双精度 / H32
单精度 / H36, H48, H60
调用: 单精度 / UERTST, UGETIO
双精度 / UERTST, UGETIO, VXADD, VXSTO

ANCOV1 一维分类设计数据的协方差分析
(ANC1) 精度: 单精度和双精度 / H32
单精度 / H36, H48, H60
调用: 单精度 / UERTST, UGETIO