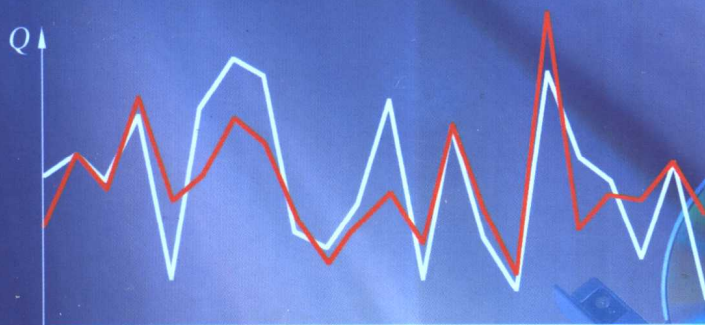


常用中长期水文预报

Visual Basic 6.0

应用程序及实例

旦木仁加甫 编著

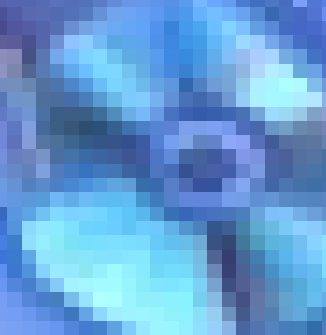


常用中长期水文预报

Microsoft Access 6.0

应用程序及实例

张其成 主编



中国水利水电出版社

常用中长期水文预报 Visual Basic 6.0

应用程序及实例

旦木仁加甫 编著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了基于 Windows 平台研制和开发的十项常用中长期水文预报 Visual Basic 6.0 应用程序,包括周期均值叠加、一元线性回归分析、多元线性回归分析、逐步回归分析、平稳时间序列分析、非平稳序列逐步回归趋势分析、非平稳序列逐步回归周期分析、非平稳序列功率谱分析、马尔可夫链定性预报技术、枯季退水曲线分析等。每个应用程序都配以实例,详细说明了具体操作过程。本书是一本探索和研究中长期水文预报方法的参考书和工具书,可供从事中长期水文预报的工程技术人员和研究人员阅读、使用,亦可供其他领域从事中长期预报的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

常用中长期水文预报 Visual Basic6.0 应用程序及实例 /
且木仁加甫编著. —郑州:黄河水利出版社, 2004.1
ISBN 7 - 80621 - 783 - 5

I .常… II .且… III .①水文预报:中期预报—
BASIC 语言—应用程序 ②水文预报:长期预报—
BASIC 语言—应用程序 IV .P338-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 029590 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371-6022620

E-mail:yrp@public.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16

印张:14.875

字数:344 千字

印数:1—2 000

版次:2004 年 1 月第 1 版

印次:2004 年 1 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7 - 80621 - 783 - 5 / P · 33

定价:35.00 元

序

随着社会经济的快速发展,人们在防汛抗旱、水量调度与管理、水资源统一规划与可持续利用等过程中,对中长期水文预报提出了越来越高的要求,从而也促进了中长期水文预报的发展。但由于影响因素的复杂性和目前科学水平的限制,中长期水文预报还处于探索、发展阶段,有待于更多理论工作者和生产实践人员不断努力,使其得到不断丰富和完善。

该书作者在新疆巴音郭楞蒙古自治州长期从事水文水资源业务与管理工 作,2002年5月作为新疆选送的少数民族科技骨干特培人才,由国家人事部安排到黄河水利委员会水文局接受水文水资源技术、应用、管理科学方面的培养。这期间,该同志研制和开发了基于 Windows 平台的周期均值叠加等十项常用中长期水文预报 Visual Basic 6.0 应用程序,经文字整理提炼,编著成书。全书有以下五个特点:

(1)全书按照分析计算思路、Visual Basic 6.0 应用程序及实例的顺序,系统介绍了每个应用程序。其中,将逐步回归分析应用于非平稳序列趋势函数及周期函数的识别与提取,将马尔可夫链技术应用于中长期定性水文预报,是一次成功的尝试;用历年开始消退值相近法和历年开始消退值分组法进行枯季退水径流预报,这既是一种创新,又有效地提高了预报精度。

(2)每个应用程序自成系统,且至少保证有两种数据输入、输出方式(绝大多数应用程序实现了与 Microsoft Access 数据库的链接)。

(3)每个应用程序既可用于建立相应中长期水文预报方案,又可作为相应中长期水文预报方案的验证程序,在应用程序运行过程中突出了人机交互的人性化特点。

(4)每个应用程序均巧妙地使用了 Visual Basic 6.0 提供的错误捕捉与处理机制,保证了应用程序运行的稳定性。

(5)实现了给定信度下的 F 分布、 t 分布或 χ^2 分布值的自动精确计算和相应显著性水平的自动检验。

全书从基本概念到具体方法,从基本思路到具体程序代码,从系统应用程序到具体实例,深入浅出,内容丰富、充实,结构合理,层次分明,论述精炼,说理清楚,是一本实用性、可操作性与可读性紧密结合的,探索和研究中长期水文预报方法的参考书和工具书,也是常用中长期水文预报软件的一次成功升级。

是以为序。

(Bd.12)
2003.12.18

前 言

中长期水文预报是根据前期水文气象要素,用天气学、数理统计、宇宙—地球物理分析等方法,对未来较长时间的水文要素进行预测的一门边缘科学,现正处于探索、发展阶段。通常把预见期在 3 至 15 天的称为中期预报,15 天至一年的称为长期预报,一年以上的称为超长期预报。对径流预报而言,预见期超过流域最大汇流时间的即为中长期预报。

Visual Basic 是美国 Microsoft 公司推出、专门针对 32 位 Windows 操作系统的程序设计语言,是 Windows 平台上一个强大的开发工具。它提供了面向对象的、结构化的可视化编程方法,开发人员只需少量的代码就可以编制出具有标准 Windows 风格的程序,代码维护非常方便。目前比较盛行的是 Microsoft 公司于 1998 年推出的 Visual Basic 6.0 版本。

笔者长期从事基层水文技术工作,多年来用基于 DOS 平台的 Basic 语言编写了十余项中长期水文预报程序。在此基础上,近两年又研制和开发了基于 Windows 平台的常用中长期水文预报 Visual Basic 6.0 应用程序,对每个程序进行了反复调试、验证,经文字整理提炼,现已编著成书。全书共分十章,主要内容有:周期均值叠加、一元线性回归分析、多元线性回归分析、逐步回归分析、平稳时间序列分析、非平稳序列逐步回归趋势分析、非平稳序列逐步回归周期分析、非平稳序列功率谱分析、马尔可夫链定性预报技术、枯季退水曲线分析等十项中长期水文预报技术方法(侧重于数理统计法)。

全书主要特点和功能有:

(1)每章只介绍一种中长期水文预报方法及相应 Visual Basic 6.0 应用程序。

(2)每个应用程序基本按分析计算思路与流程、用户界面设计、属性设置、通用或事件过程代码编写等步骤来介绍。为便于应用,对每个应用程序都配以实例,说明了具体操作过程(前三章较详细)和适用条件。

(3)书中部分通用或事件过程代码可供不同应用程序共享,对此类代码只作一次介绍,在以后的内容中重现时,只指明可参阅的章节。另外,对功能相同的代码,尽量不重复注释(除具有重要分析计算功能的代码外)。

(4)每个应用程序都自成系统,均可分为输入数据、分析计算与预报、输出结果三个过程,在每个过程中,突出了人机交互的人性化特点。

(5)为避免用户在人机交互过程中输入错误信息而导致运行程序中断,在每个应用程序可能会出错的代码前均添加了错误捕获语句,当可捕获的错误发生时,应用程序就转而执行错误处理代码,用户可重新输入正确的信息,运行程序不会中断。

(6)输入数据共有键盘、顺序文本文件、数据库(Microsoft Access)等三种方式。第一章采用了前两种输入方式,第二章三种方式都被采用,第三章至第十章采用了后两种方式。

(7)由 Microsoft Access 输入数据时,先通过引用 DAO 来访问和获取数据库(表)名,接着通过 ADO 与 Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider 协同工作,由 SQL 语句查询相关数据,并通过把 Data Grid 控件绑定到 ADO 来显示和获取查询结果。同时,对其他待创建的数据库留有一个接口,供后续开发使用。

(8)每个应用程序同时采用了两种输出分析计算与预报结果的方式:屏幕显示和以特定格式保存于顺序文本文件内。对屏幕显示的结果,用户可以随时以拷贝屏幕的方式,将结果以图形的形式保存于自己的文档中。

(9)对需要进行 F 分布、 t 分布或 χ^2 分布统计检验的中长期水文预报方法,应用程序在运行时会以人机交互的方式,要求用户选定一个显著性水平 α (信度),选定信度后,应用程序便精确计算给定信度下的分布值,并进行相应显著性水平检验。也就是说,省去了通过手工查算数理统计表来进行统计检验的工序。

(10)每个应用程序都可用来建立相应中长期水文预报方案。

(11)每个应用程序都可作为相应中长期水文预报方案的验证程序。

感谢黄河水利委员会水文局局长、教授级高级工程师牛玉国为本书作序。

由于中长期水文预报及计算机技术发展迅速,加上作者水平有限,书中难免有缺点和错误,敬请各位专家和读者不吝赐教。

旦木仁加甫

2003 年 12 月 28 日于郑州

目 录

序	牛玉国
前言	
第 1 章 周期均值叠加	(1)
1.1 基本思路与计算过程	(1)
1.1.1 基本思路	(1)
1.1.2 计算过程	(1)
1.2 应用程序步骤	(2)
1.2.1 设计用户界面	(2)
1.2.2 属性设置	(3)
1.2.3 编写函数过程与事件过程代码	(5)
1.3 应用程序实例	(20)
第 2 章 一元线性回归分析	(25)
2.1 回归方程、统计检验与分析计算流程	(25)
2.1.1 建立回归方程	(25)
2.1.2 回归效果的统计检验	(25)
2.1.3 分析计算流程	(26)
2.2 应用程序步骤	(26)
2.2.1 设计用户界面	(26)
2.2.2 属性设置	(27)
2.2.3 编写函数过程与事件过程代码	(31)
2.3 应用程序实例	(48)
第 3 章 多元线性回归分析	(56)
3.1 回归方程、统计检验与分析计算流程	(56)
3.1.1 建立回归方程	(56)
3.1.2 回归效果的统计检验	(56)
3.1.3 分析计算流程	(57)
3.2 应用程序步骤	(57)
3.2.1 设计用户界面	(57)
3.2.2 属性设置	(58)
3.2.3 编写通用过程与事件过程代码	(61)
3.3 应用程序实例	(78)
第 4 章 逐步回归分析	(88)
4.1 基本思路、计算公式、统计检验与分析计算流程	(88)

4.1.1	基本思路	(88)
4.1.2	计算公式	(88)
4.1.3	回归效果的统计检验	(89)
4.1.4	分析计算流程	(89)
4.2	应用程序步骤	(90)
4.2.1	设计用户界面	(90)
4.2.2	属性设置	(90)
4.2.3	编写通用过程与事件过程代码	(90)
4.3	应用程序实例	(101)
第 5 章	平稳时间序列分析	(108)
5.1	建立自回归方程与分析计算流程	(108)
5.1.1	建立自回归方程	(108)
5.1.2	分析计算流程	(109)
5.2	应用程序步骤	(109)
5.2.1	设计用户界面	(109)
5.2.2	属性设置	(109)
5.2.3	编写事件过程代码	(112)
5.3	应用程序实例	(124)
第 6 章	非平稳序列逐步回归趋势分析	(128)
6.1	基本思路、计算公式、统计检验与分析计算流程	(128)
6.1.1	基本思路	(128)
6.1.2	计算公式	(129)
6.1.3	回归效果的统计检验	(129)
6.1.4	分析计算流程	(129)
6.2	应用程序步骤	(129)
6.2.1	设计用户界面	(129)
6.2.2	属性设置	(130)
6.2.3	编写通用过程与事件过程代码	(131)
6.3	应用程序实例	(143)
第 7 章	非平稳序列逐步回归周期分析	(148)
7.1	基本思路、计算公式、统计检验与分析计算流程	(148)
7.1.1	基本思路	(148)
7.1.2	计算公式	(148)
7.1.3	回归效果的统计检验	(148)
7.1.4	分析计算流程	(148)
7.2	应用程序步骤	(149)
7.2.1	设计用户界面	(149)
7.2.2	属性设置	(149)

7.2.3 编写通用过程与事件过程代码	(149)
7.3 应用程序实例	(160)
第 8 章 非平稳序列功率谱分析	(165)
8.1 基本概念、计算公式、显著性检验与分析计算流程	(165)
8.1.1 基本概念	(165)
8.1.2 计算公式	(165)
8.1.3 谱估计的显著性检验	(165)
8.1.4 分析计算流程	(166)
8.2 应用程序步骤	(166)
8.2.1 设计用户界面	(166)
8.2.2 属性设置	(166)
8.2.3 编写通用过程与事件过程代码	(168)
8.3 应用程序实例	(179)
第 9 章 马尔可夫链定性预报技术	(183)
9.1 基本思路与分析计算流程	(183)
9.1.1 基本思路	(183)
9.1.2 分析计算流程	(184)
9.2 应用程序步骤	(184)
9.2.1 设计用户界面	(184)
9.2.2 属性设置	(184)
9.2.3 编写事件过程代码	(186)
9.3 应用程序实例	(194)
第 10 章 枯季退水曲线分析	(199)
10.1 基本思路与分析计算流程	(199)
10.1.1 基本思路	(199)
10.1.2 分析计算流程	(199)
10.2 应用程序步骤	(200)
10.2.1 设计用户界面	(200)
10.2.2 属性设置	(200)
10.2.3 编写通用过程与事件过程代码	(201)
10.3 应用程序实例	(220)
参考文献	(227)

第 1 章 周期均值叠加

1.1 基本思路与计算过程

1.1.1 基本思路

一个随时间变化的等时距水文要素观测样本, 可以看成是有限个不同周期波叠加而成的过程。从样本序列中识别周期时, 可以将序列分成若干组, 当分组组数等于客观存在的周期长度时, 组内各个数据的差异小, 而组间各个数据的差异大; 如果组间差异显著大于组内差异时, 序列就存在周期, 其长度就是组间差异最大而组内差异最小的分组组数。通常一个序列的总体差异是固定的, 组间差异增大, 组内差异则减小。那么, 组内差异比组间差异小到什么程度才算是显著呢? 通常用 F 检验来进行判断。

1.1.2 计算过程

设某水文要素随时间变化的等时距样本序列为 X_1, X_2, \dots, X_n , 排成表 1-1 的形式, 其中 $j=1, 2, \dots, b$, 表示分为 b 组, $b=2, 3, \dots, m$ (当样本数 n 为偶数时, $m=n/2$; n 为奇数时, $m=(n-1)/2$)。也就是说, 可能存在的周期数 b 为 $2, 3, \dots, m$ 。 i 为每组含有的项数, $i=1, 2, \dots, a$, 表示每组有 a 个数据。 T_j 为每组的合计数, \bar{X}_j 为每组的组平均值。对于不同的 b , 可计得相应的方差比 F :

表 1-1 试验周期分组排列表

i		试验周期分组(j)			
		1	2	...	b
每组 项数	1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1b}
	2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2b}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
	a	X_{a1}	X_{a2}	...	X_{ab}
T_j		T_1	T_2	...	T_b
\bar{X}_j		\bar{X}_1	\bar{X}_2	...	\bar{X}_b
$T_j \times T_j$		$T_1 \times T_1$	$T_2 \times T_2$...	$T_b \times T_b$
$T_j \times T_j / a_j$		$T_1 \times T_1 / a_j$	$T_2 \times T_2 / a_j$...	$T_b \times T_b / a_j$

$$F = (S1 / f1) / (S2 / f2)$$

式中: $S1$ 为组间离差平方和, $S1 = \sum (T_j \times T_j / a - T \times T / n)$; $S2$ 为组内离差平方和,

$S2 = \sum \sum (X_{ij} \times X_{ij}) - \sum (T_j \times T_j / \alpha)$; $f1 = b - 1$ 为对应于 $S1$ 的自由度; $f2 = n - b$ 为对应于 $S2$ 的自由度。

当 b 分别取 2, 3, ..., m 时, 可计得 $m-1$ 个不同的 F 值。同理, 对于不同的 b , 由 $f1$ 、 $f2$ 和选定的信度 α , 在 F 分布表中可查出相应的 $m-1$ 个不同的上分位点 $F(\alpha)$ 值(本次编写了计算上分位点 $F(\alpha)$ 值的函数过程代码, $F(\alpha)$ 值由应用程序计算生成, 不用查找 F 分布表), 挑选最大的 F 值, 与对应的 $F(\alpha)$ 值相比较, 如果:

(1) $F > F(\alpha)$, 则表明在这一信度水平上, 差异显著, 有周期存在, 所对应的 b 即为周期长度, 对应于 b 的各组平均值即为第一周期波各年的振幅。

(2) $F \leq F(\alpha)$, 则表明在这一信度水平上, 差异不显著。

接着将所识别的第一周期波各年的振幅按顺序从序列起始年份排列至终止年份, 就构成第一周期波序列, 从样本序列中剔除第一周期波序列, 便生成新序列, 对新序列按上述步骤进行计算, 可识别第二周期波。其余周期波的识别也依此类推, 直到不能识别或者不想识别周期为止。然后对所识别出的各周期波外推叠加, 即可进行预报。

分析计算流程可概括为:

(1) 输入逐年序列数据, 分顺序文本文件、键盘两种输入方式。

(2) 周期均值叠加分析, 包括分析、计算、识别给定信度 α 下的周期以及将所识别的周期波振幅外推叠加预报等。

(3) 将周期均值叠加分析计算结果以特定格式保存在顺序文本文件内(之后便可以打印了)。

1.2 应用程序步骤

1.2.1 设计用户界面

用户界面由 1 个窗体和添加在窗体上的 4 个命令按钮、4 个大小相同且重叠的框架控件组成。

框架 1 用于输入初始值和提示程序运行过程, 用户界面见 1.3.1 节中的图 1-2, 框架内添加了 5 个无边框的标签框控件、1 个有边框的标签框控件和 1 个具有 4 个元素的下拉式组合框控件数组。

框架 2 用于选择信度 α 和输入逐年序列值, 用户界面见 1.3.1 节中的图 1-5, 框架内添加了 1 个无边框的标签框控件、1 个下拉式组合框控件、1 个具有 100 个元素的无边框的标签框控件数组、1 个具有 100 个元素的文本框控件数组。

框架 3 用于显示方差分析计算结果, 用户界面见 1.3.1 节中的图 1-10, 框架内添加了 1 个具有 10 个元素的无边框的标签框控件数组、1 个具有 59 个元素的文本框控件数组。

框架 4 用于显示未来 5 年序列值的预报结果, 用户界面见 1.3.1 节中的图 1-13, 框架内添加了 1 个具有 19 个元素的无边框的标签框控件数组、1 个具有 7 个元素的

有边框的标签框控件数组、6个具有7个元素的文本框控件数组、2个具有5个元素的文本框控件数组。

1.2.2 属性设置

窗体1及窗体内4个命令按钮、框架1以及框架内各控件的属性设置见表1-2；框架2以及框架内各控件属性设置见表1-3；框架3以及框架内各控件属性设置见表1-4；框架4以及框架内各控件属性设置见表1-5。各控件的字体属性如字体、字形、大小、效果、颜色等，用户在属性窗口中可以根据自己的爱好来确定。

表 1-2 输入初始值和提示程序运行过程对象的属性设置

对象	属性	设置
窗体 1	Caption (名称)	周期均值叠加法 Form1
命令按钮 1	Caption (名称)	输入数据序列 Command1
命令按钮 2	Caption (名称)	方差分析并预报 Command2
命令按钮 3	Caption (名称)	返回重新预报 Command3
命令按钮 4	Caption (名称)	退出 Command4
框架 1	Caption (名称)	请输入(或选择)河、站名等初始值 Frame1
标签框 1	Caption (名称)	河、站名： Label1(0)
标签框 2	Caption (名称)	数据序列名： Label1(1)
标签框 3	Caption (名称)	序列起始年份： Label1(2)
标签框 4	Caption (名称)	序列终止年份： Label1(3)
标签框 5	Caption (名称)	程序运行过程提示： Label1(4)
标签框 1	Caption (名称) BorderStyle	(内容较多，详见图 1-2) Label1(5) 1(有边框)
组合框 1~组合框 4	(名称) Style Text List	Combo1(0)、Combo1(1)、...、Combo1(3) 0(下拉式组合框) (除 Combo1(0)外，均设置了缺省值) (除 Combo1(0)外，均设置了可供选择的值)

表 1-3 选择信度 α 和输入逐年序列值对象的属性设置

对象	属性	设置
框架 2	Caption (名称)	Frame2(动态赋值, 由程序代码指定) Frame2
标签框 1	Caption (名称)	先选择信度 α : Label2
组合框 1	(名称) Style Text List	Combo2 0(下拉式组合框) 0.05 0.10 0.05 0.025 0.01 0.005 0.001
标签框 2 ~ 标签框 101	Caption (名称)	置空 Label3(0)、Label3(1)、...、Label3(99)
文本框 1 ~ 文本框 100	(名称) Text	Text1(0)、Text1(1)、...、Text1(99) (Text1(0) ~ Text1(21)设置了缺省值, 其余置空)

表 1-4 显示方差分析计算结果对象的属性设置

对象	属性	设置
框架 3	Caption (名称)	方差分析计算结果 Frame3
标签框 1	Caption (名称)	周期(年): Label4(0)
标签框 2	Caption (名称)	组间离差平方和 S_1 : Label4(1)
标签框 3	Caption (名称)	组间自由度 f_1 : Label4(2)
标签框 4	Caption (名称)	组内离差平方和 S_2 : Label4(3)
标签框 5	Caption (名称)	组内自由度 f_2 : Label4(4)
标签框 6	Caption (名称)	F : Label4(5)
标签框 7	Caption (名称)	$F(\alpha)$: Label4(6)
标签框 8	Caption (名称)	信度 α : Label4(7)
标签框 9	Caption (名称)	序列平均值: Label4(8)
标签框 10	Caption (名称)	周期振幅: Label4(9)
文本框 1 ~ 文本框 59	(名称) Text	Text2(0)、Text2(1)、...、Text2(58) 置空

表 1-5 周期波外延叠加(预报)未来 5 年序列值对象的属性设置

对象	属性	设置
框架 4	Caption (名称)	用周期波外延叠加(预报)未来 5 年序列值 Frame4
标签框 1 ~ 标签框 5	Caption (名称)	第 1 周期波 ~ 第 5 周期波(动态变动) Label5(0) ~ Label5(4)
标签框 6	Caption (名称)	原始数据序列: Label5(5)
标签框 7	Caption (名称)	绝对预报误差: Label5(6)
标签框 8 ~ 标签框 14	Caption (名称)	... Label5(7) ~ Label5(13)
标签框 15	Caption (名称)	序列年份: Label5(14)
标签框 16	Caption (名称)	起始年份: Label5(15)
标签框 17	Caption (名称)	结束年份: Label5(16)
标签框 18	Caption (名称)	序列外推: Label5(17)
标签框 19	Caption (名称)	预报值(周期波外延叠加): Label5(18)
标签框 1 ~ 标签框 7	Caption (名称) BorderStyle	置空 Label6(0) ~ Label6(6) 1(有边框)
文本框 1 ~ 文本框 7	(名称) Text	Text3(0) ~ Text3(6) 置空
文本框 1 ~ 文本框 7	(名称) Text	Text4(0) ~ Text4(6) 置空
文本框 1 ~ 文本框 7	(名称) Text	Text5(0) ~ Text5(6) 置空
文本框 1 ~ 文本框 7	(名称) Text	Text6(0) ~ Text6(6) 置空
文本框 1 ~ 文本框 7	(名称) Text	Text7(0) ~ Text7(6) 置空
文本框 1 ~ 文本框 7	(名称) Text	Text8(0) ~ Text8(6) 置空
文本框 1 ~ 文本框 5	(名称) Text	Text9(0) ~ Text9(4) 置空
文本框 1 ~ 文本框 5	(名称) Text	Text10(0) ~ Text10(4) 置空

1.2.3 编写函数过程与事件过程代码

周期均值叠加分析计算应用程序有 4 个通用 Function 过程、5 个事件过程。

4 个通用 Function 过程包括: Function GAMMLN(XX)、Function BETACF(A, B, X1)、Function BETAI(A, B, X1)和 Function ShiSuanF(f2, f1, f3, r)。

5 个事件过程包括：窗体装载 Form_Load()、单击【输入数据序列】按钮 Command1_Click()、单击【方差分析并预报】按钮 Command2_Click()、单击【返回重新预报】按钮 Command3_Click()和单击【退出】按钮 Command4_Click()。

各过程计算功能与程序代码：

(1)首先在窗体的代码窗口声明部分，用关键词 Dim 声明了如下窗体级变量：

```
Dim Answer          ' 通用类型变量,存放 MsgBox 函数关于输入数据方式的返回值
Dim Y0()            ' 通用类型变量,仅存放从顺序文本文件读取的序列值
Dim An              ' 通用类型变量
Dim Y1() As Single ' 通用类型变量,存放序列值
```

(2)函数过程 GAMMLN(XX)。

函数过程 GAMMLN(XX),对实数 $XX > 0$,由 Lanczos 逼进公式计算 GAMMLN(XX) 值,即 Γ 函数的对数 $\ln \Gamma(XX)$ 。函数过程代码如下：

```
' XX 大于 1 的实自变量
Function GAMMLN(XX)
    Dim COF(6)
    COF(1) = 76.18009173: COF(2) = -86.50532033: COF(3) = 24.01409822
    COF(4) = -1.231739516: COF(5) = 0.00120858003: COF(6) = -0.00000536382
    STP = 2.50662827465: HALF = 0.5: ONE = 1#: FPF = 5.5: X1 = XX - ONE
    TMP = X1 + FPF: TMP = (X1 + HALF) * Log(TMP) - TMP: SER = ONE
    For j = 1 To 6: X1 = X1 + ONE: SER = SER + COF(j) / X1: Next j
    GAMMLN = TMP + Log(STP * SER) ' 计算  $\Gamma$  函数的对数
End Function
```

(3)函数过程 BETACF(A, B, X1)。

函数过程 BETACF(A, B, X1)用于计算不完全贝塔函数中的连分式。应用连分式计算不完全贝塔函数值,收敛速度非常快。函数过程代码如下：

```
' A 实型变量,不完全贝塔函数的参数 — x 的幂次
' B 实型变量,不完全贝塔函数的参数 — (1-x) 的幂次
' X1 实型变量,自变量
Function BETACF(A, B, X1)
    ITMAX = 100: EPS = 0.0000003: AM = 1#: BM = 1#: AZ = 1#
    QAB = A + B: QAP = A + 1#: QAM = A - 1#: BZ = 1# - QAB * X1 / QAP
    For m = 1 To ITMAX
        EM = m: TEM = EM + EM: D = EM * (B - m) * X1 / ((QAM + TEM) * (A + TEM))
        AP = AZ + D * AM: BP = BZ + D * BM
        D = -(A + EM) * (QAB + EM) * X1 / ((A + TEM) * (QAP + TEM))
        AAP = AP + D * AZ: BPP = BP + D * BZ: AOLD = AZ
        AM = AP / BPP: BM = BP / BPP: AZ = AAP / BPP: BZ = 1#
        If Abs(AZ - AOLD) < EPS * Abs(AZ) Then GoTo 1
    Next m
    Print "A or B too big, or ITMAX too small"
1 BETACF = AZ ' 把不完全贝塔函数中的连分式计算值赋给 BETACF
```


End Function

(4)函数过程 BETAI(A, B, X1)。

函数过程 BETAI(A, B, X1)通过调用 Function GAMMLN(XX)和 Function BETACF(A, B, X1), 用 Γ 函数的对数和不完全贝塔函数中的连分式来计算不完全贝塔函数值。函数过程代码如下:

```
Function BETAI(A, B, X1)
  If X1 < 0# Or X1 > 1# Then Print "bad argument X1 in BETAI"
  If X1 = 0# Or X1 = 1# Then
    BT = 0#
  Else
    AAA= GAMMLN(A+B)-GAMMLN(A)-GAMMLN(B) ' 调用函数过程 GAMMLN(XX)
    BT = Exp(AAA + A * Log(X1) + B * Log(1# - X1))
  End If
  If X1 < (A + 1#) / (A + B + 2#) Then
    BETAI = BT * BETACF(A, B, X1) / A ' 调用函数过程 BETACF(A, B, X1)
    Exit Function
  Else
    BETAI = 1# - BT * BETACF(B, A, 1# - X1) / B ' 调用函数过程 BETACF(A, B, X1)
    Exit Function
  End If
End Function
```

(5)函数过程 ShiSuanF(f2, f1, f3, r)。

F 分布表中, 在自由度 f_1 、 f_2 和信度 α (程序代码中用 r 表示) 给定的条件下, 序列样本容量 $n \leq 500$ 时, F 分布表中的 $F(\alpha)$ 上分位点 (代码中用 f_3 表示) 不会超过 1.17。对于给定的信度 α , 函数过程 ShiSuanF(f2, f1, f3, r) 通过调用 Function BETAI(A, B, X1), 计算一次不完全贝塔函数值, 该值即为信度 α 的近似计算值。若近似计算值与给定信度之差的绝对值超过允许误差 (代码中用 r_r 表示), 则以相同步长 0.0002 使 $F(\alpha)$ 累增 (即 $f_3 = f_3 + 0.0002$), 再调用 Function BETAI(A, B, X1), 计算一次不完全贝塔函数值, 直到近似计算值与给定信度之差的绝对值不超过允许误差为止, 此时得出的 f_3 即为 F 分布表中较为精确的上分位点 $F(\alpha)$ 值。补充说明一点, 允许误差 r_r 是在序列样本容量 $n \leq 500$ 、累增步长统一取 0.0002 时, 经过反复试算、验证而得。函数过程 ShiSuanF(f2, f1, f3, r) 代码如下:

```
' f1 通用类型变量, 组间离差平方和的自由度
' f2 通用类型变量, 组内离差平方和的自由度
' f3 通用类型变量, F分布表中的上分位点 F(α)值
' r 通用类型变量, 信度 α值
' 适用于序列样本容量 n<=500 的情形, 否则应调大 r_r 或调小 f3 = f3 + 0.0002 中的 0.0002
Private Function ShiSuanF(f2, f1, f3, r)
  If r = 0.1 Then r_r = 0.000117
  If r = 0.05 Then r_r = 0.0000634
```