

高等院校信息管理与信息系统专业参考教材

管理系统模拟 与 GPSS 语言

姜林奇 编著



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



00014100

TP391
419

高等院校信息管理与信息系统专业参考教材

管理系统模拟与 GPSS 语言

姜林奇 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书系统地讲授广泛应用于管理系统中的建模与计算机模拟技术的基本原理和方法,以多种实例介绍关于离散系统模拟模型的建立、程序的编制及模拟的实现。关于模拟技术中的输入数据分析、随机数发生器及随机变量的产生、输出结果分析等专门理论,本书也有较全面的讲解。本书从管理者使用的角度系统介绍了专用模拟语言 GPSS。如果需要配套光盘,请直接向作者索取,电子信箱:JiangLQ@ccec.edu.cn

本书可作为高等院校信息管理与信息系统专业高年级及研究生的教材,也可作为经济类、管理类和计算机应用类各专业的教材或参考书。本书对于企业的高层管理者、决策者、各类信息资源开发者及技术骨干,均具有参考价值。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

JS483/15

书 名: 管理系统模拟与 GPSS 语言

作 者: 姜林奇 编著

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研楼,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 北京国马印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 10.75 字数: 247 千字

版 次: 2000 年 6 月第 1 版 2000 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-01055-2/TP·390

印 数: 0001~6000

定 价: 12.00 元

序 言

全国高等院校计算机基础教育研究会财经信息管理专业委员会,从 20 世纪 90 年代初期以来,对于信息管理与信息系统专业的学科建设和教材建设,投入了大量的精力。在清华大学出版社的大力支持下,专业委员会组织全国有关院校的同行们,陆续出版了一批为信息专业迫切需要且具有一定特色的教材,这就是几年来已经陆续出版的本专业的核心课程,即“信息管理与信息系统专业系列教材”。1997 年夏天,在烟台举行专业委员会的学术年会上,来自全国各地教学第一线的同行们,进一步讨论了信息管理与信息系统专业的学科建设。针对该专业内容新、跨度大、变化大的特点,大家一致认为,有必要再组织一套参考书,以满足这个专业本科高年级选修课和研究生课程的需要。这就是目前这一套《高等院校信息管理与信息系统专业参考教材》的由来。

最近由教育部正式颁布实行的本科专业目录中,信息管理被列为管理门类之下的一个二级学科。这表明,经过 20 年的成长与发展,随着信息化建设的深入,信息管理已得到社会各界的认可,成为管理学科建设与现代化管理人才培养的一个不可缺少的组成部分。按照教育部的本科专业目录,原先分散在各领域中的经济信息管理、管理信息系统、科技信息管理等,均归入“信息管理”名下,成为一个覆盖面更宽的专业。对于从事该领域工作的教师来说,给予了充分的肯定和大力的支持,同时也意味着面临着新的、要求更高的学科建设任务。本专业委员会的全体同志决心面向 21 世纪的新标准,进一步创新和探索,为信息管理与信息系统专业的进一步发展努力奋斗。

本套书与已出版的《高等院校信息管理与信息系统专业系列教材》不同,它是面向本科高年级的选修课和研究生的课程。按照教育部专业调整的精神,专业设置不宜过窄过细,而应当宽口径、厚基础,给学校、教师和学生以更大的发展余地。体现在课程设置中,就意味着应当增加选修课程,使学科能够在宽口径的专业设置中办出自己的特色,使学生能够在厚基础的前提下有更多的选择。而要做到这一点,就需要提供一大批供选择的课程和教材,这套书就是为此目的而组织编写的。显然,对于信息管理与信息系统这样一个内容新、发展快、综合性强的专业,这方面的需要无疑将更为迫切。

每一个专业都有自身最核心的一些内容,它包括从事本专业工作所必需的基本概念、基础知识、基本技能、基本素质,即平时所谓的“看家本领”。然而,在新技术革命的浪潮冲击下,知识与技术的更新速度大大加快,各领域知识互相渗透,综合运用趋势不断加强,指望在大学 4 年中准备好一生工作所需要的知识,是不可能的。同样,由于专业分工,只靠某一狭窄的专业领域中的知识和技能,将很难适应未来多变的社会需求。因此,一方面,拓宽视野,了解和掌握相关学科的知识,对于提高素质和适应能力十分必要;另一方面,及时掌握新的技术生长点,了解学科和技术的最新发展方向,对于学生发展的后劲也是必不可少的。本套书的第一批书目正是根据以上两方面的思路选定的。

信息管理与信息系统也是信息科学的一个部分,它以现代信息技术为手段和基础,同时又与信息经济学、信息社会学、信息法学、系统科学密切相关。一个称职的、高水平的信息管理人员,对于这些知识都应当有一定深度的了解。对于信息管理领域和信息技术领域的一些新发展,如电子商务、数据挖掘等,信息管理与信息系统专业的学生,特别是有兴趣向这些方面发展的学生,也是应当有所了解的。毫无疑问,这些方面的具体内容发展变化是很快的,这一批选题不可能覆盖所有应当考虑的范围。目前这套书只是开头,以后必然要不断地增加、补充。同时,已经出版的几种书,也将随着技术和社会的发展,需要不断修订和补充,以便切实为各院校从事信息管理与信息系统专业建设的同行们提供帮助。

在清华大学出版社的大力支持下,本套教材第一批已经陆续问世,这是有关院校与老师共同努力的初步成果。由于这项工作尝试性的,能否实现酝酿时的初衷,还需要实践的检验。因此,我们迫切希望得到各院校以及社会各界的批评指正,从选题范围到具体内容,都希望能够得到中肯的批评和建议。我们特别欢迎在信息建设第一线的同志们,从信息化人才培养的实践需要出发,对于本套书的方针和内容提出意见,并进一步参与本套书的编写工作。

全国高等院校计算机基础教育研究会
财 经 信 息 管 理 专 业 委 员 会
信息管理与信息系统专业参考教材编委会
主 任 : 陈 禹 副 主 任 : 张 基 温

1998年7月

前 言

我于1982年和1991年作为访问学者在美国学习和工作期间,大量接触了计算机科学、管理科学及其相关学科的新的理论、知识和方法。计算机模拟技术是涉及现代学科最多的一门新型技术之一。它涉及到数学(包括数值分析)、统计学、运筹学、系统论与系统工程学、管理学等,因此引起我极大的兴趣,甚至产生了一生从事计算机模拟技术的学习和研究的想法。1985年第一次回国后,立即翻译了美国大学使用最广泛、内容也最系统的由Averill M. Law等教授编著的“Simulation Modeling and Analysis”一书,当时国内许多大学使用了我翻译的这本教材,因此我也得到了极大的安慰。在20世纪80年代初期,由中国科学院应用数学研究所及国内几所著名大学中的教授和专家牵头在国内积极从事计算机模拟技术的传播和发展工作,并曾掀起了高潮。记得1986年在烟台召开的第三届全国计算机模拟学术讨论会,参加人员达150多人,包括了军事、交通、采矿、化工、航空、机械等众多的领域。但是,发展的道路并不平坦。经过了几年的大发展和高层次的普及之后,计算机模拟技术进入了深层次的应用与研究阶段,这是一个艰巨而缓慢的过程。由于有电子工业、机械工业、航天工业等领域的带动,连续型仿真技术发展较快,CIMS技术的广泛应用就是重要的标志之一。但对于离散型计算机模拟技术,特别是管理系统模拟的理论与应用研究方面,与国外的发展速度相比较还很不够。据了解,除了军事、交通领域和大型工业企业应用得较好外,其他领域的发展仍十分缓慢和不平衡^[13,14,15]。作为管理决策支持系统、专家系统,其重要手段之一的计算机模拟技术仍没有占据应有的地位。究其客观原因是,由于我们国家的社会主义市场经济尚不成熟,企业管理水平多数还不适应市场经济的环境,这都给计算机模拟技术的应用造成一定的困难。从教学的角度分析,本课程的优秀师资缺少、无适用的教材及软件的贫乏等都是主要的原因。因此本门课程在许多院校只能在研究生中开设。另外还有一种误解,部分人以为计算机模拟技术是计算机应用类课程,从而在管理学类专业中得不到重视。实际上,计算机模拟技术应是属于管理学领域的主要课程,应用计算机模拟技术的人首先应是一个懂得管理学、统计学的企业管理者,然后才是一个计算机的使用者。应用计算机模拟技术参与企业的管理,需要的是高层次管理人才。

计算机模拟技术是信息管理与信息系统专业的主要专业课之一。这门课程的建设和发展还有许多工作要做,编写一本适宜于本科专业的教材则是当务之急。这本教材不仅要起到引导学生入门的作用,同时也要较全面地介绍计算机模拟技术的基本原理和应用的方法。已经出版的一些教材多是从计算机应用的角度出发来讲解计算机模拟技术,或者教材的起点较高,这对于信息管理与信息系统专业的本科学生是十分不合适的。教材应该从管理的角度出发,将模拟技术仅作为一种应用于管理系统的工具来讲授,本教材就是以此为目标来编写的,它由浅入深地、全面地从一个企业管理者的角度来讲述计算机模拟技术

的基本原理、应用方法和与其相关的知识。因此,全国财经信息类院校信息管理与信息系统专业委员会对这本教材给予了全面的支持。本教材介绍的 GPSS 语言应用于大的管理系统可能会感到势单力薄,但作为一种入门语言来讲它是再好不过了。这使得本门课程的授课时数仅为 36~40 小时,上机实验时数为 10~14 小时即可。学习完 GPSS 语言后,经过短期的适应,学生完全可以用大型模拟语言进行工作。

在本教材的编写过程中,曾得到中国人民大学信息学院陈禹教授、山西财经大学张基温教授以及全国计算机模拟协会各位专家的大力支持,在此再次表示深深的感谢。本教材的讲义虽然在本科教学中使用了多次,仍会存在许多不足和错误,敬请读者给以指正。

姜林奇

2000 年元月

目 录

绪论	1
0.1 什么是计算机模拟	1
0.2 计算机模拟技术解题的方法	2
0.3 模拟技术的地位和作用	13
第 1 章 系统、模型与模拟	15
1.1 概述	15
1.1.1 系统	15
1.1.2 模型	16
1.1.3 模拟	18
1.1.4 模拟模型中常用的术语	19
1.2 离散系统模拟的基本方法	20
1.3 模拟语言简介	22
第 2 章 输入数据的分析	25
2.1 概述	25
2.1.1 输入数据常见的概率分布	25
2.1.2 输入数据概率分析的步骤	26
2.2 数据的采集与处理	27
2.3 数据分布的分析与假设分布族	28
2.3.1 点统计法(point statistics)	29
2.3.2 柱状图法(histograms)	30
2.3.3 概率图法(probability plots)	32
2.4 参数的估计	34
2.5 拟合优度检验(goodness-of-fit tests)	35
2.5.1 直观评估检验	35
2.5.2 X^2 检验	36
2.5.3 K-S 检验(kolmogorov-smirnov tests)	38
第 3 章 GPSS 语言概述	42
3.1 GPSS 语言的基本格式	42
3.2 GPSS 程序的基本组成	44

3.3	GPSS 程序举例	45
3.4	GPSS 程序的框图	46
3.5	GPSS/PC 程序的运行	47
3.6	GPSS 语言的基本模块	49
3.6.1	与活动实体有关的模块	51
3.6.2	与设施有关的模块	55
3.6.3	与队列有关的模块	56
3.6.4	与存储器有关的模块	57
3.7	GPSS 语言的控制语句	58
3.8	GPSS 语言基本模块编程举例	60
3.9	GPSS 语言的标准输出	64
第 4 章	GPSS 常用语句及其使用	69
4.1	标准数字属性(SNA)	69
4.2	GPSS 语言的定义语句	72
4.2.1	变量定义语句	73
4.2.2	函数定义语句	74
4.2.3	存储器定义语句	77
4.2.4	符号定义语句	78
4.3	GPSS 语言编程举例	78
第 5 章	随机数发生器及随机变量的产生	87
5.1	随机数发生器	87
5.1.1	对随机数发生器的基本要求	87
5.1.2	常见的随机数发生器	88
5.1.3	随机数发生器的检验	90
5.2	产生随机变量的方法	91
5.3	GPSS 语言的随机变量	95
第 6 章	中级 GPSS 程序设计	99
6.1	一家电修理部模型的建立及其模拟	99
6.2	中级 GPSS 语言模块	102
6.2.1	LOGIC 逻辑开关	102
6.2.2	INITIAL 初始化语句	102
6.2.3	GATE 测试模块	103
6.2.4	TEST 比较测试模块	103
6.2.5	SAVEVALUE 保存值模块	104
6.2.6	LOOP 循环模块	105

6.3 中级 GPSS 语言程序举例	106
第 7 章 输出数据的分析	117
7.1 概述	117
7.1.1 影响模拟输出结果的因素	118
7.1.2 模拟模型的输出数据	120
7.1.3 终止型模拟与稳态型模拟	121
7.2 输出结果的置信区间	122
7.3 终止型模拟结果的分析	123
7.3.1 计算逼近法	124
7.3.2 序贯(模拟逼近)法	125
第 8 章 高级 GPSS 程序设计	127
8.1 高级 GPSS 模块	127
8.1.1 制表模块 TABLE, TABULATE 和 QTABLE	127
8.1.2 表的统计与输出举例	129
8.1.3 活动实体的复制与装配模块	134
8.1.4 用户链及其模块 LINK 与 UNLINK	137
8.1.5 GPSS 语言特性模块	139
8.2 一个具有 8 条线路的电话交换台的模拟	140
8.3 利用管理系统模拟模型进行最优化分析	142
附录 1 其他 GPSS/PC 模块	154
附录 2 “管理系统模拟与 GPSS 语言”课程实验大纲	156
附录 3 自由度为 ν 的 t 分布临界点值 $t_{\nu,\gamma}$	159
附录 4 自由度为 ν 的 χ^2 分布临界值 $\chi^2_{\nu,\gamma}$	161
参考文献	162

绪 论

计算机模拟,顾名思义,就是利用计算机来模拟和实验现有的或还没有有的系统。管理系统的计算机模拟就是利用计算机和设计好的模型对已有的或设想的管理系统、管理策略、管理方法或管理手段进行模拟实验,以便对所设计的方案进行分析和判断,提出进一步决策所需的依据。计算机模拟技术已经成为决策支持系统的强有力的工具之一。

计算机模拟技术的迅速发展和广泛应用已使自然科学及应用工程的多种学科中极其复杂的问题迎刃而解。十几年来,管理科学的各个领域也在广泛使用着这一由现代数学方法、管理科学和计算机技术相结合而形成的管理系统模拟技术,它已成为战略研究、系统分析、运筹规划、预测决策、宏观及微观管理等领域的有效的工具。由于这项技术成功的运用,已使那些需要花费大量人力、物力和时间,承担很大风险的许多科研课题或工程设计、实验问题得到了比较满意的解答。管理系统模拟技术已经获得而且必将更加获得广泛的应用和飞速的发展。

本书是为经济学、管理学学科各专业,以及计算机应用有关专业的研究生和本科生教学而编写的,也适用于从事经济管理及计算机信息系统管理的研究人员和实际工作者参考阅读。由于管理系统模拟的理论和方法涉及到多种学科,如何在有限的学时教学中全面地介绍这些知识,使读者获得比较全面的有关管理系统模拟方面的知识,是本书编写中首要考虑的问题。因此对内容的取舍做了精心的安排,尽量做到由浅入深,由简到繁,各章联系十分紧密,多项例题贯穿各章。本书讲解的顺序尽量与从事模拟研究的过程相一致,以便使学生更能了解模拟的全部过程。本讲义主要介绍离散系统模拟的基本概念和建立离散系统模拟模型的基本理论和方法,同时也系统介绍专用模拟语言——GPSS 语言,使读者学完本课程后能较系统地掌握一门专用模拟语言。

按一般的规律,一本书的绪论中应简单地介绍本书中讲解的主要技术的发展历史,这里为了节省篇幅,我们就不介绍了。读者从书后面的参考书中不难了解这方面的内容。此外,我认为由于计算机和数学方法的不断发展,许多新技术、新方法已经与它刚刚出现时大相径庭,甚至不可同日而语,读者尽可不必花太多的时间去了解过去,而应该立即去展望它的未来。

但是,为了让读者能尽快了解本门技术,我们还是从大多数读者关心的问题谈起。

0.1 什么是计算机模拟

由于现代技术和数学理论的不但发展,任何一个简单的或复杂的系统总是可以利用一种模型来描述它,尽管这些模型的种类很多,有的还十分复杂(有关模型及其设计的理论与方法有专门的课程和书籍介绍)。一个系统的模型一般是近似的描述或表达该系统的

主要特点和过程,它是去伪存真后形成的对系统的描述。模型可能是文字的、图形的、数字的或者是上述形式的综合等。有了系统的模型后,我们就寻找实现这些模型的,或者说解这些模型的方法。当然方法也是多种多样的,有手工的、数学的、物理的、化学的,等等。计算机解题方法是应用最广泛的方法之一。利用计算机方法来求解某一系统的模型就称为计算机模拟。因此,计算机模拟技术至少应由两个部分组成,其一是系统模型的建立,其二是利用计算机来求解这个模型。

模拟的英文写法是 simulation,翻译成汉语还具有仿真的意思。所以读者常常会见到计算机仿真的提法。计算机模拟与计算机仿真实际上是同一门科学,理论、方法和采用的手段是完全一样的。但是,应该指出的是,目前我国有一个不成文的约定,即称连续型系统的 simulation 为计算机仿真,而对离散型系统的 simulation 则称为计算机模拟。计算机仿真所讲授的技术多应用于电力与电子科学、宇航学、气象学或力学等连续型系统。由于本课程讲授的是管理系统中 simulation 的应用,而管理系统多属于离散型系统,因此本课程称为管理系统计算机模拟。在这里特别说明,本书中凡是提到“计算机模拟”时,除特别说明外,都是指离散系统的模拟。

从计算机模拟的历史和发展来看,概括起来说,计算机模拟有如下特点:

- (1) 模拟是数值分析的一种方法。这门技术起源于数学,是运筹学的一个分支。
- (2) 计算机模拟是利用计算机来模拟现实世界各种过程或系统的运行情况,从而得到重要的统计与决策信息。
- (3) 对于处理离散系统而言,特别是具有随机过程的离散系统,计算机模拟的结果是近似的和随机的。
- (4) 计算机模拟是当前决策支持系统设计的重要手段之一。
- (5) 计算机模拟是一种被称为没有办法的办法。

由于计算机模拟技术不仅需要建立模型所依据的数学、统计学、管理学、工学等多学科理论,而且需要计算机程序设计知识,因此它的应用受到很多条件的限制。学完本课程后,您还会了解到,利用计算机模拟技术求解管理系统问题的结果常常不仅是近似的,而且是随机的,常常需要大量的人力、时间和资金。一般来讲,如果我们可以找到一种既有准确结果,又不需要许多条件的办法,我们是不采用计算机模拟的。然而实际上,特别是对于管理系统来讲,许多模型是找不到一种既有准确结果,又不需要许多条件的办法的。因此,计算机模拟技术得到了很大的发展,而且被称为是“没有办法的办法”。对于计算机模拟技术,这实际上是一种美称。

为了进一步了解计算机模拟的解题的方法和原理,下面举出两组例子来说明。一组是静态系统模型,一组是动态系统模型。例子虽然简单,但可以反映出模拟技术的基本特点和思考问题的方法。

0.2 计算机模拟技术解题的方法

计算机模拟技术解决管理系统中存在的各类管理和科研问题时所采用的方法与一般的数学解法不同。首先在建立系统模型方面,本书所涉及的管理系统模型多是不能建立一

个可以利用解析方法解决的模型(这在管理系统中是常见的),它们一般也得不到一个准确的解析解。因此,我们也不能利用数学分析中所介绍的方法一步一步地通过计算来解题,对于这样的模型必须寻找另外的方法。此外,为了使计算机能解出这类模型,也会使用一些在传统数学看来是比较独特的方法,比如我们常常使用随机数和随机数发生器的概念。为了说明这个问题,我们仅举几个例子来说明。在下面的几个例子中,我们总是先介绍可以使用的其他方法,再采用模拟方法解题,以便读者有一个比较。例子中涉及到的一些原理如果读者暂时不能理解,可以先记下一个问号,我们会在本书后面具体讲授这一问题时详细讲解。按先简后繁的道理,我们先看看静态模型的计算机模拟解法。

1. 静态模拟示例

例 0.1 正弦函数的积分。

求解一正弦函数的定积分可用三种方法,我们分别介绍它们的解法。

(1) 定积分法

$$\int_0^{\pi} \sin(x) dx = -\cos(x) \Big|_0^{\pi} = 2$$

(2) 数值分析法

求解定积分的数值方法中最常用的是梯形法。梯形法的原理如图 0.1 所示。它是将积分曲线下的面积分成 n 个小面积,若每个小面积的曲线一边用直线来代替,则小面积成为一个梯形。设法求出每个小梯形的面积并将其累加起来就会得到近似的积分面积。

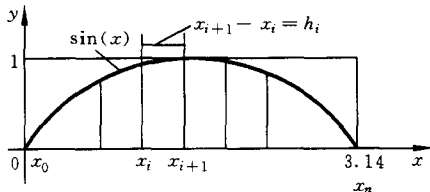


图 0.1 利用梯形法计算定积分示意图

图 0.1 中每个小梯形面积可计算如下:

$$A_i = \frac{[f(x_i) + f(x_{i+1})](x_{i+1} - x_i)}{2}$$

$$A_i = \frac{h}{2} [f(x_i) + f(x_{i+1})]$$

其中, h 为每个小梯形的高。则曲线下总面积为:

$$\begin{aligned} S &= \sum_{i=0}^n A_i = \sum_{i=0}^n \frac{h}{2} [f(x_i) + f(x_{i+1})] \\ &= \frac{h}{2} [f(x_0) + f(x_1)] + \frac{h}{2} [f(x_1) + f(x_2)] + \cdots \\ &= \frac{h}{2} \{f(x_0) + 2f(x_1) + 2f(x_2) + \cdots + f(x_n)\} \end{aligned}$$

$$= \frac{h}{2} \left\{ f(x_0) + f(x_n) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sin(x_i) \right\}$$

下面给出了利用梯形法求解上述积分的 *Visual Basic* 程序。该程序中的函数定义模块共定义了 3 个函数,因此,此程序可对这三种函数进行积分。当采用不同的 N 值时,上述正弦积分利用梯形法的计算结果如下:

N= 100	S= 1.999836
N= 200	S= 1.999958
N= 300	S= 1.999981
N= 400	S= 1.999989
N= 500	S= 1.999993
N= 600	S= 1.999998
N= 700	S= 1.999998
N= 800	S= 1.999998
N= 900	S= 1.999997
N= 1000	S= 1.999999

从所得结果可见,随着小梯形数目 N 的扩大,结果逐步接近准确值 2。例题 0.1 梯形法求解定积分的程序如下:

```
'例题 0.1 梯形法求解定积分程序
'设置系统变量
Const PI = 3.14
Dim x0(10) As Single
Dim x1(10) As Single

'积分结束模块
Private Sub Command1_Click()
    End
End Sub

'定义函数和积分上下线
Private Sub Form_Load()
    Font.Size = 20
    cboFunc.AddItem "Sin"
    cboFunc.AddItem "Cos"
    cboFunc.AddItem "0.1 * x * x + 0.2 * x + 1"
    x0(0) = 0: x1(0) = PI
    x0(1) = 0: x1(1) = PI / 2
    x0(2) = 2: x1(2) = 4
End Sub

Private Sub Form_Resize()
    On Error Resume Next
    txtText.Move 100, 100, Me.ScaleWidth - 200, Me.ScaleHeight - 200
```

End Sub

'绘制函数图形和积分过程

Private Sub CboFunc_Click()

Dim xx0!, xx1!, h!, s!, t!, t1!, x!, n%, i%

xx0 = x0(cboFunc.ListIndex)

xx1 = x1(cboFunc.ListIndex)

txtBegin.Text = xx0

txtEnd.Text = xx1

picFunc.Cls

picFunc.Scale (-0.5, 1.5)-(4, -1)

picFunc.Line (-0.5, 0)-(4, 0)

picFunc.Line (0, 1.5)-(0, -1)

picFunc.Line (xx0, 0)-(xx0, 0.1)

picFunc.CurrentX = xx0

picFunc.CurrentY = -0.02

picFunc.Print xx0

picFunc.Line (xx1, 0)-(xx1, 0.2)

picFunc.CurrentX = xx1

picFunc.CurrentY = -0.02

picFunc.Print xx1

txtNum.Text = ""

txtResult.Text = ""

For n = 50 To 500 Step 50 '每次增加 50 个点

h = (xx1 - xx0) / n '求每个小梯形的高

s = 0

x = xx0

For i = 0 To n - 2

Select Case cboFunc.Text

Case "Sin"

t = Sin(x) 'X 处的函数值

t1 = Sin(x + h) 'X+h 处的函数值

Case "Cos"

t = Cos(x)

t1 = Cos(x + h)

Case "0.1 * x * x + 0.2 * x + 1"

t = 0.1 * x * x + 0.2 * x + 1

t1 = 0.1 * (x + h) * (x + h) + 0.2 * (x + h) + 1

End Select

picFunc.Line (x, 0)-(x, t)

s = s + (t + t1) * h / 2 '每个小梯形的面积求和

x = x + h '下一个小梯形


```

Next i
txtNum.Text = txtNum.Text & " " & Str$(n)
txtResult.Text = txtResult.Text & " " & Str$(s)
Next n
End Sub

```

(3) 模拟方法

对于这种静态系统,常用的模拟方法是蒙特卡罗法 (Monte Carlo)。蒙特卡罗法的原理是认为积分面积及其周围均匀分布着无数个点,如图 0.2 所示,若设法分别求出矩形内和积分曲线内的点数 N 和 I ,就可以利用下式来求得积分面积。

$$\frac{S_g}{S} = \frac{\int_0^{\pi} \sin x dx}{1(\pi - 0)} = \frac{I}{N}$$

$$\int_0^{\pi} \sin x dx = \pi \frac{I}{N}$$

其中, S : 总面积

S_g : 曲线下面积

N : 矩形内点数

I : 所求面积内点数

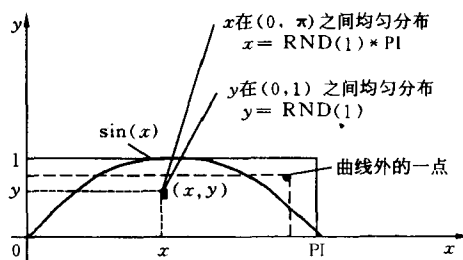


图 0.2 蒙特卡罗法求定积分原理示意图

现在的问题是如何求出 N 和 I ? 这要引入随机数发生器的概念。这可能是蒙特卡罗法的主要特点之一,也是所有具有随机过程系统采用模拟方法解题的特点之一。随机数发生器是产生 $[0,1)$ 区间均匀分布随机数的工具,它的基本原理和应用我们会在本书的后面做详细的介绍。在这里仅利用它来产生图 0.2 中矩形面积上均匀分布的点。VB 语言中随机数发生器是 RND(1),因此下面两个语句即可产生一对 (x, y) ,也就是 xy 坐标系中的一个点:

```

x=RND(1)*3.1416
y=RND(1)

```

其中 3.1416 使 x 的取值范围被限制在 $0 \sim \pi$ 之间,这是由积分界限决定的。利用循环反复地产生尽量多的点(比如 N 个点),并对每个点进行判断,看其是否在积分曲线的下面。对落在积分面积上的点数进行统计(比如是 I 个点),求得 N 与 I 后,就可以利用上式求出积分面积值。下面给出了利用蒙特卡罗法求解上述定积分的程序。蒙特卡罗法的模拟

结果如下：

N= 50	SG= 2.073451
N= 100	SG= 2.042035
N= 150	SG= 1.864012
N= 200	SG= 1.853540
N= 250	SG= 2.148849
N= 300	SG= 1.801180
N= 350	SG= 2.019595
N= 400	SG= 2.159845
N= 450	SG= 1.989675
N= 500	SG= 2.010619

从结果中可见，模拟方法得到的结果是随机的，当逐渐加大 N 值时，我们会发现其结果是逐步接近准确值的，到底需要多大的 N 才能满足计算精度，还需要进一步的分析，我们会在第 7 章介绍分析方法。此例可用三种方法求解，其中包括可用手算的定积分解法。下面的例题是定积分解法办不到的。利用蒙特卡罗法求解上述定积分的程序如下：

‘数值积分模拟过程

```
Private Sub CboFunc_Click()
    txtNum.Text = ""
    txtResult.Text = ""
    Rem INTEGRATION OF SIN(X) BY THE MONTE CARLO METHOD
    PI = 3.1415926
    M = 1
    For l = 1 To 10
        i = 0
        For n = 1 To 50 * l
            x = Rnd(1) * PI '确定 x 坐标
            y = Rnd(1) '确定 y 坐标
            If y > Sin(x) Then GoTo 110 '判断此点是否在积分域内
            i = i + 1
        110 Next n
        sg = PI * i / (50 * l)
        txtNum.Text = txtNum.Text & " " & Str$(50 * l)
        txtResult.Text = txtResult.Text & " " & Str$(sg)
    Next l
End Sub
```

例 0.2 求二重积分

$$\iint_{\Omega} \sin \sqrt{\ln(x+y+1)} dx dy$$

$$\Omega: (x-0.5)^2 + (y-0.5)^2 = 0.25$$