

GPSS/H 实例分析

侯 炳 辉 编著



清华大学出版社

(京) 新登字 158 号

内 容 简 介

本书共收集了 15 个 GPSS/H 实例分析, 每个实例都从系统分析开始, 介绍建立模型、编制 GPSS/H 程序以及运行结果分析。书中全部实例都在 IBM PC (386 机) 上通过。本书还详细介绍了 GPSS/H 的扩展功能, 并提供 GPSS/H 软件。本书可供管理信息系统、系统工程、自动化以及其它有关专业的大学生研究生使用, 也可供实际工作者使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

GPSS/H 实例分析/侯旭辉编著. —北京: 清华大学出版社, 1995

ISBN 7-302-01864-2

I. G… I. H… I. 应用软件, GPSS/H N. TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 09139 号

出 版 者: 清华大学出版社 (北京清华大学校内, 邮编 100084)

责任编辑: 魏荣桥

印 刷 者: 北京市海淀区清华园印刷厂

发 行 者: 新华书店总店科技发行所

开 本: 850×1168 1/32 印张: 5.375 字数: 138 千字

版 次: 1995 年 9 月第 1 版 1995 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-01864-2/TP·843

印 数: 0001—1000

定 价: 8.20 元

前 言

系统模拟作为现代化管理的一种技术已越来越得到普遍的应用。在西方，系统模拟是各种定量技术中应用最为广泛的一种技术。各种经济的、管理的和工程的项目，几乎都可以使用模拟技术。因此，发达国家把模拟技术（或仿真技术）放在极其重要的地位，几乎所有自动化或信息技术专业的学生都必修或选修系统模拟课程。

中国 80 年代才接触到模拟技术，使用还不普遍。按惯例，许多工程项目（包括社会工程）在开工之前都应进行模拟，以便选择一个较优的方案，但实际上大多数工程没有这样做，其它定量方法可能也没完全使用，依靠经验进行决策的事例并不鲜为人知。定量的科学决策的重要性将随时间的推移越来越被人们所认识，而模拟正是进行科学决策的有力工具。

中国高等学校从 80 年代初开始陆续开设模拟课程，介绍各种模拟方法，诸如系统动力学(system dynamics)模拟，随机网络(Q-GERT)模拟，GPSS(离散系统)模拟，GASP IV(连续与离散系统)模拟以及 VERT, SIMAN 等等模拟技术。在学术界也进行了广泛的研究、交流，取得了不少研究成果。但是，模拟技术还没有很好的用到生产实践中去(军事部门例外)，原因是多方面的。一是经济发展和人们的观念还未到达迫切使用模拟的阶段，人们比较重视眼前的效益，感兴趣于直接经济效果，对定量分析等“软”技术缺乏足够的认识和必要的投资。模拟技术更是如此，甚至远不如信息处理那样得到应用。而更重要的原因还是人才。模拟技术是综合的实验技术，模拟工作者既要懂得管理业务，善于系统分析和建立模

型,又要会用计算机,会使用模拟语言从模型变为计算机上能进行实验的软件,因此要求模拟工作者比一般程序员、数据处理工作者具有更多的综合知识和使用计算机的能力,中国正缺乏这种复合型人才。作为培养人才的高等学校,其迫切任务就是要培养这种复合型人才,有关部门应给予重视和支持。毫无疑问,随着现代化建设的深入发展,模拟人才的需求量将越来越大。

GPSS/H 是当前模拟技术中应用最为广泛的语言之一,无论工厂自动化(如 CIMS 工程)还是社会工程(例如交通系统、消防系统、急救系统等),GPSS/H 都有着广泛的应用。掌握 GPSS/H 的关键是建模技术。建模既是技术,也是艺术。因此,学习建模技术必须理论联系实际,从实际中得到经验,提高建模能力。这就需要在课堂教育中尽可能采取实例教育,用大量例子说明模拟的应用领域,模型是怎么建造的,模拟是怎么进行的,结果是怎么分析的等等。经验表明,这种教学方法效果较好。有鉴于此,作者从多年的教学实践中,亲自从建模到上机以及分析结果,收集、整理了大量实例,经过筛选共提供了 15 个实例,奉献于广大读者。

作者对这些实例都进行了上机实验,使用过不同的 GPSS 版本和不同的机型,如 GPSSR/PC(在 PC 机上),GPSS/X(在 M-150 机上),GPSS(在 Honeywell, DPS-8 上)以及 GPSS/H(在 IBM PC 386 上),目前提供的实例均用 GPSS/H 版本通过。为了便于读者使用 GPSS/H,本书还专写第 5 章,介绍 GPSS/H 的扩展功能。

本书写作过程中曾得到清华大学的一些本科生和研究生的帮助,如王佳希、周晓燕、吴隽杰等,在 GPSS/H 版本上机时,特别要感谢李颖同学,她的耐心、细致和不辞劳苦的精神使本书能够如期交稿。

侯炳辉

1994. 11. 6 于清华园

目 录

前 言	Ⅱ
第 1 章 GPSS 与 GPSS/H 的基本概念	1
1.1 GPSS 模拟概述	1
1.2 GPSS/H 的语言元素	4
1.3 GPSS/H 的标准输出报告	7
第 2 章 初级 GPSS/H 实例分析	13
2.1 实例分析 1: 环形交通模型	13
2.2 实例分析 2: 装配线装配模型	19
2.3 实例分析 3: 自选商场购物模型	22
2.4 实例分析 4: 露天矿矿石装运模型	27
2.5 实例分析 5: 物流系统分布表模型	33
第 3 章 中级 GPSS/H 实例分析	39
3.1 实例分析 6: 四磁盘驱动器实例模型	39
3.2 实例分析 7: 库存控制模型	47
3.3 实例分析 8: 机器零件加工模型	53
3.4 实例分析 9: 通讯系统模型	58
3.5 实例分析 10: 公共汽车站模拟	64
第 4 章 高级 GPSS/H 实例分析	75
4.1 实例分析 11: 汽车加油站模拟	75

4.2	实例分析 12: 家俱制造厂模拟	83
4.3	实例分析 13: PERT 网络模型	89
4.4	实例分析 14: 电机生产模型	96
4.5	实例分析 15: 生猪生产模型	115
第 5 章	GPSS/H 的扩充功能	132
5.1	GPSS/H 程序调试器	132
5.2	& 变量 (类 FORTRAN 变量)	143
5.3	GPSS/H 的输入输出功能	151
5.4	GPSS/H 的其它扩展功能	159

第 1 章 GPSS 与 GPSS/H 的基本概念

1.1 GPSS 模拟概述

GPSS 是 General Purpose Simulation System 的简称, 意为通用模拟语言。1961 年, IBM 公司的 G·Gordon 发表第一个 GPSS 文本, 30 多年来, GPSS 得到了长足的发展和应用, 成为应用最广泛的模拟语言。早先的 GPSS 由于计算能力较弱, 它不能计算诸如三角函数、对数函数等问题, 且运行速度较慢, 在一定程度上限制了它的应用。近年来, GPSS/H 的出现和应用, 一改 GPSS 的固有弱点, 使 GPSS/H 成为很难找到缺点的一种模拟语言。

GPSS/H 的基本思想和 GPSS 没有多大区别, 它依然用程序块 (BLOCK) 书写程序, 每个 BLOCK 相当于 FORTRAN 中的一个子程序, 所以系统分析者不需在编程上多费功夫, 只需集中精力建立模型。

GPSS/H 建模的指导思想是排队论, 认为在排队系统中有流动实体在模型中流动, 例如交通系统中汽车的流动, 服务系统中顾客的流动, 通讯系统中信号的流动等等。在 GPSS/H 中统称这类流动的实体为“动态实体”(TRANSACTION)。系统的模型由各种功能的程序块组成, 动态实体就从一个 BLOCK 流向各个 BLOCK, 直至穿过整个系统。每个 BLOCK 有一个名字, 称程序块名或功能名, 还有一个几何图形与之对应。由各 BLOCK 联接成的图形即为 GPSS/H 的程序块图。

例如, 在一个单服务员的理发店系统中, 去理发店理发的顾客从来到、得到服务、完成服务而离去的过程可由图 1. 1. 1 表

示。顾客由称为 GENERATE 的 BLOCK 产生,其产生的规律是以均值为 18 分钟,偏差为 6 分钟的均匀分布到达,然后排入队内,即进入 QUEUE BLOCK,LINE 是其队名,此时服务员有空,就得到服务,否则就在队内等待,直到服务员空闲为止。一旦服务员有空,顾客就得到服务,即进入服务员名为 JOE 的 SEIZE BLOCK,同时进入名为 LINE 的 DEPART BLOCK,即离开队列进入 ADVANCE BLOCK,在 ADVANCE 程序块中停留 16 ± 4 分钟的时间,接受服务,服务完毕,进入 RELEASE 程序块,使服务员由忙变闲,最后动态实体进入 TERMINATE 1 BLOCK,表示离开服务系统。模拟就这样进行,GENERATE 不断地以其分布规律产生动态实体,然后排入队中、得到服务、离开系统,按照设置的模拟长度——时间或顾客数,从而得到一系列由系统自动统计的输出数据,如平均队长,平均服务时间等系统性能测度。

单服务员排队系统 GPSS/H 模型如图 1.1.1 所示。

在 GPSS/H 中,对应每一个程序块有一条语句,语句名和程序块名相同,每条语句有三部分组成:地址;操作,即语句名;数据场,即语句后面的各场域的符号或数字。在 GPSS/H 中,语句有两种格式:固定格式和自由格式。在固定格式中,地址可由 1—8 个字符组成,从第 1 列开始写,第一个字符必须是字母,地址也可以省略。语句名从第 8 列或以后列开始写,但必须和地址有一个空格。

数据场从第 19 列或 25 列之前开始,数据场之间用逗号分开,不得有空格,否则空格之后无效;在自由格式中,地址可

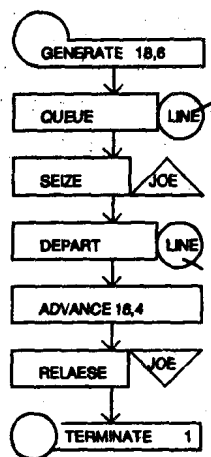


图 1.1.1 单服务排队系统 GPSS/H 模型

从第 1 列或第 2 列开始写，语句可从第 3 列或与地址空一格后开始写，数据场在语句后空一格开始。除程序块语句外还有控制语句，如 SIMULATE 表示模拟的开始，END 表示模拟的结束，START 用于控制模拟的长度等，于是对应图 1.1.1 模型的 GPSS/H 程序为图 1.1.2 所示。

```

*      BARBERSHOP          MODEL
      SIMULATE

*      BLOCK DEFINITION CARDS
      GENERATE      18, 6
      QUEUE         LINE
      SEIZE         JOE
      DEPART        LINE
      ADVANCE       16, 4
      RELEASE       JOE
      TERMINATE     1

*      CONTROL CARD
      START         25
      END
  
```

图 1.1.2 单服务员排队系统 GPSS/H 程序

图 1.1.2 中第 1 列带 * 的语句称注解语句，只起注解作用，可以是任何 GPSS/H 符号。START 25 和 TERMINATE 1 联合使用可以控制模拟长度，表示模拟 25 个顾客，“终止计数器”的初值为 25，动态实体每进入 TERMINATE 1 一次，“终止计数器”减 1，直至减为 0，模拟终止。

在 GPSS/H 中共有 68 个 BLOCK，因此其功能远比其它版本丰富。最常用的 BLOCK 如表 1.1.1 所示：

除动态实体以外，在 GPSS/H 中还有三类实体：资源实体，如设备、存储器等；计算实体；统计实体，如队、表等，这些实体将在以后陆续介绍。

表 1.1.1 最常用的 GPSS/H 程序块

程序块	意义或作用
GENERATE	建立动态实体
TERMINATE	消除动态实体 (离开模型)
ADVANCE	延迟一段时间
SFIZE	得到设备
RELEASE	释放设备
ENTER	进入存储器 (有多设备的存储器)
LEAVE	离开存储器
TEST	测试系统或实体状态
TRANSFER	使动态实体按各种条件转移

1.2 GPSS/H 的语言元素

在 GPSS/H 中, 基本元素有: (1) 动态实体; (2) 资源及其它实体; (3) 程序块; (4) 控制语句; (5) 编译器指令 (compiler directives); (6) 标准数字属性 (SNA—standard numerical attributes)。

1.2.1 动态实体

动态实体 (dynamic entities) 简称为 XACTs, 是 GPSS/H 中的基本元素, 其作用是在模型中执行任务。一般情况下任务完成后, 动态实体也就离开系统 (进入 TERMINATE 程序块), 所以称之为暂态实体。但是在一些模型中, 动态实体执行任务后并不离开系统, 则这些动态实体就成为永久实体了。

动态实体的建立只有两个程序块能够实现, 一是 GENER-

ATE 程序块,另一个是 SPLIT 程序块;动态实体的消失也只有两个程序块能实现,一是 TERMINATE,另一个是 ASSEMBLE,除此之外的程序块都不能产生或消灭动态实体。

在大多数情况下,动态实体代表一个人,如到银行取、存款的顾客,去商店买货的人。动态实体也可以代表一个物体,例如交通系统中的车辆,装配线上的机器。

动态实体有一个或多个属性,动态实体的属性表征不同动态实体的特征,例如表示动态实体的车辆的属性可以是不同的颜色和车型。在复杂的模型中有多种类型的动态实体,不同类型的动态实体代表不同的物体。

1.2.2 资源实体

资源实体可能是人或物体,例如一个服务员,一台服务设备,一个存储器等都是资源实体。例如在装配线上,资源可能是装配工人、装配工具或机器。GPSS/H 中的资源有两类,一是设备 (facilities),另一类是存储器 (storages)。资源实体是永久实体,它们不会离开系统。

1.2.3 GPSS/H 程序块

程序块实体说明系统中出现的动作或事件,例如在图 1.1.1 中,动态实体进入 QUEUE 中表示人站进队的动作,进入 ADVANCE 程序块表示延迟一段时间的功能。同一个程序块可以有多个动态实体。

1.2.4 GPSS/H 控制语句

GPSS/H 的控制语句指令模拟如何进行,例如可以用 START 和 TERMINATE 语句控制模拟长度,用存储器定义语句定义存储器容量。控制语句没有对应的几何图形。

1.2.5 编译器命令

编译器命令是提供给 GPSS/H 模型编译时的极为重要的信息,例如 INTEGER 命令说明 & (AND) 变量 (ampervariables) 是整型变量,关于 & 变量及其它编译器指令将在今后用到时再作说明。

1.2.6 标准数字属性

标准数字属性和每一种实体的类型有关,标准数字属性是 GPSS/H 系统所固有的且可以调用的一些属性,其值用于控制 GPSS/H 逻辑运行。例如动态实体的标记 (MARK) 时间,即动态实体产生的时间,GPSS/H 为每个动态实体记下了这个时间,称 M1,简称标志时间。如果想了解动态实体从产生到当前的时间,即动态实体的年龄,则只需将另一个标准数字属性绝对时钟 AC1 减去 M1 即可。

由用户定义的动态实体属性称为动态实体的参数 (parameters),参数值可通过 ASSIGN 程序块赋值,参数的应用价值极大。

资源实体的属性和设备及存储器有关,例如设备的一个标准数字属性为 F,其意义表示设备的状态,若 F 值为 1,表示设备在忙,若 F 值为 0,表示设备空闲。

每个程序块都有两个 SNA,一是 W (bname) 或 W (j),另一个是 N (bname) 或 N (j),其中 bname 或 j 表示程序块地址或地址号。W (bname) 或 W (j) 表示该程序块中当前动态实体数,而 N (bname) 或 N (j) 表示已进入该程序块中的动态实体的总数。例如 W (2) 表示调用地址为 2 的程序块中当前的动态实体数,N (SHOP) 表示要调用地址名为 SHOP 的程序块中通过的动态实体的总数。

在 GPSS/H 中有两个跟踪模拟运行的 SNA, 一个是绝对时钟 (absolute clock) AC1, 另一个是相对时钟 (relative clock) C1。相对时钟 C1 记录紧前一个 RESET 语句至今的时间, 若模型中没有 RESET 控制语句, 则 $C1 = AC1$ 。有关的 RESET 语句将在以后用到时介绍。在 GPSS/H 中, C1 和 AC1 是以双精度浮点形式存储的。

1.3 GPSS/H 的标准输出报告

GPSS/H 模型运行之后, GPSS/H 自动输出标准报告, 这些标准输出报告由两部分组成, 第一部分包括 GPSS/H 的程序清单及一般信息 (图 1.3.1), 第二部分是模拟结果摘要, 包括各种实体 (如设备、队、表等) 的统计信息 (图 1.3.2)。

图 1.3.1 是例 1 运行输出报告的第一部分, 由于输入时采取了自由格式, 故输出报告第一部分的程序清单也是自由格式输出的, 第一行说明 GPSS/H 微机版本号等, 第二行分别标志行号 (LENE#), 语句号 (STNT#), 程序块号 (BLOCK#), 程序的第二列开始的地址 (LOC), 第 1 列为 * (如需要注释的话), 而后是操作语句 (OPERATION), 再后面是数据场 (A—G), 最后是注解 (COMMENTS)。下面就是程序清单, 这和图 1.1.2 是相同的。在程序清单下面是实体字典 (ENTITY DICTIONARY), 它是以实体号递增列出的, 此例中有两个实体, 一是设备 (facilities), 只有一个 JOE, 系统将其值赋为 1, 表示一号设备。另一个实体是队 (QUEUES), 也只有一个队 LINE, 系统也将其值赋为 1, 表示 1 号队。再下面是对实体的进一步描述, 包括符号 (SYMBOL), 值 (VALUE), 等效定义 (EQU DEFNS), 即由用户定义的实体值, 这里用户没有定义, 故其值为空。再后面便是调用的语句号, 如和设备 JOE 有关的语句号是 6 和 9, 和队有关的语句号是 5 和 7。再下

面是所需存储空间的统计,包括对程序、数据、其它、实体、公共区等所需存储空间,本例共需 10608 字节。

STUDENT GPSS/H RELEASE 2.0 (AY130) 17 Aug 1994 20:3:259

FILE: e: \wps\gp0.9ps

LINE# STMT# IF DO BLOCK# * LOC OPERATION A,B,C,D,
E, F, G COMMENTS

1	1		*	BARBERSHOP	MODEL
2	2			SIMULATE	
3	3		*	BLOCK DEFINITION CARDS	
4	4	1		GENERATE	18, 6
5	5	2		QUEUE	LINE
6	6	3		SEIZE	JOE
7	7	4		DEPART	LINE
8	8	5		ADVANCE	16, 4
9	9	6		RELEASE	JOE
10	10	7		TERMINATE	1
11	11		*	CONTROL	CARD
12	12			START	25
13	13			END	

ENTITY DICTIONARY (IN ASCENDING ORDER BY ENTITY
NUMBER; “*” 0 VALUE CONFLICT.)

Facilities: 1=JOE

Queues: 1=LINE

SYMBOL VALUE EQU DEFNS CONTEXT REFERENCES BY
STATEMENT NUMBER

JOE	1	Facility	6	9
LINE	1	Queue	5	7

STORAGE REQUIREMENTS (BYTES)

COMPILED CODE: 224

COMPILED DATA: 40

```

MISCELLANEOUS:      0
ENTITIES:            344
COMMON:              10000
-----
TOTAL:                10608

```

图 1.3.1 例 1 输出报告的第一部分

图 1.3.2 是标准输出的第二部分，我们从开始模拟（SIMULATION Begins）至统计运行时间一并列出，其输出内容包括：

(1) 记录模拟结束时的绝对时钟及相对时钟，本例两个时钟时间相同，都为 472.0953 时钟时间，即模拟 25 个顾客所需时间为 472.0953 时钟时间。

(2) 程序块统计 (BLOCK Count)

对每个程序块统计进入其中的动态实体的总数 (TOTAL) 及模拟停止时停留在程序块中的动态实体数 (CURRENT)。我们看出，模拟停止时，除 QUEUE 程序块中残留一个外，其它程序块中都无残留动态实体，故程序块中总进入数除 QUEUE 中为 26 个以外均为 25 个。由此证明模拟是按预先设置（模拟 25 个顾客）进行的，说明运行是正确的。

Simulation begins.

RELATIVE CLOCK: 472.0953 ABSOLUTE CLOCK: 472.0953

BLOCK	CURRENT	TOTAL
1		26
2	1	26
3		25
4		25
5		25
6		25
7		25

--AVG--UTIL--DURING--

FACILITY TOTAL AVAIL UNAVL ENTRIES AVERAGE
CURRENT PERCENT SEIZING PREEMPTING

ITME TIME TIME TIME/XACT
STATUS AVAIL XACT XACT
JOE 0.853 25 16.116

AVAIL

QUEUE	MAXIMUM	AVERAGE	TOTAL	ZERO	PERCENT	AVERAGE	AVRAGE
CONTENTS	CONTENTS	ENTRIES	ENTRIES	ZEROS	TIME/UNIT	TIME/UNIT	
LINE	1	0.055	26	15	57.7	0.993	2.346
RANDOM	ANTITHETIC	INITIAL	CURRENT	SAMPLE	CHI-SQUARE		
STREAM	VARIATES	POSITION	POSITION	COUNT	UNIFORMITY		
1	OFF	100000	100052	52	N/A		

STATUS OF COMMON STORAGE

9616 BYTES AVAILABLE

384 IN USE

496 USED (MAX)

Simulation-terminated. Absolute Clock: 472. 0953

Total Block Executions: 177

Blocks/second: 1041

Microseconds/Block: 960. 45

Elapsed Time Used (SEC)

PASS1: 0.38

PASS2: 0.66

LOAD/CTRL: 0.49

EXECUTION: 0.17

OUTPUT: 0.11

TOTAL: 1.81

图 1.3.2 例1输出报告的第二部分

(3) 实体综合统计报告

这一部分是对各实体的综合统计,是另一个十分重要的标准输出报告,包括设备、队等各种统计数据。除此以外对系统本身也进行统计,如随机数流(RANDOM STREAM)、公共存储区的状态(STATUS OF COMMON STORAGE)等统计。作为用户来说,最感兴趣的当然是实体统计,故这里主要详细介绍设备及队的统计。首先是设备统计报告。对设备 JOE 来说,有三个平均利用率(AVG-UTIL-DURING),一是总的平均利用率(TOTAL TIME),其值为0.853,另两个数为 AVAIL TIME 及 UNAIL TIME,意为可用时间和不可用时间,这里没有模拟设备故障(不可用)等功能,故没有数值。ENTRIES 统计进入此设备的总数,这里为25个,和前面程序统计是一致的。AVERAGE TIME/XACT 是每个动态实体平均占用此设备的时间,这里是16.116模拟时钟时间。CURRENT STATUS 描述设备当前的状态,共有两种状态:一是可用(AVAIL),一是不可用状态(UNAVL)。这里是可用状态。PERCENT AVAIL 是可用的百分比,这里不存在可用不可用的问题,故没有输出。SEIZING XACT 表示正在设备上使用的动态实体号,这里没有。PREEMPTING XACT 是强占实体号,这里也没有。

队实体的标准输出报告和设备不尽相同。MAXIMUM CONTENTS 是队中最大含量,即最大队长,这里为1(个),而平均队长(AVAEAGE CONTENTS)为0.055(个),总进队数为26(个)。ZEROENTRIES 为零进队数,即不需排队等候的动态实体数,这里为15(个),占总数的57.7%,每个实体在队中停留时间为0.993模拟时钟。如不考虑零进入的动态实体,则平均等候时间为2.346(¥AVERAGE TIME/UNIT)。QTABLE NUMBER 是关于建立队统计表的号,这里没有建立统计表,故缺。CURRENT-CONTENTS 为队中当前含量,这里为1个,这再次说明和程序块统计数是一致的。当然,我们可能对最大队长、平均排队时间等很