

全国计算机软件专业技术资格(水平)考试辅导丛书

系统分析员教程

罗晓沛 侯炳辉 主编

清华大学出版社

135179

内 容 简 介

本书是全国计算机软件人员水平考试(系统分析员级)辅导教材,它是在中国软件行业协会考试指导中心组织下,由北京大学、清华大学、中国科学技术大学研究生院等院校和科研单位的专家参与大纲讨论并分工编写的。内容包括:经济科学和管理科学基础知识,计算机信息系统的分析、设计方法论,计算机技术和网络技术知识等三部分。

本书可作为计算机信息系统的系统分析、设计人员应试前的复习材料,也可作为系统分析员培训教材和大学相应专业高年级学生和研究生的自学参考材料。

(京)新登字 158 号

全国计算机软件专业技术资格(水平)考试辅导丛书

系统分析员教程

罗晓沛 侯炳辉 主编

☆

清华大学出版社出版

北京 清华园

清华大学印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

☆

开本: 787×1092 1/16 印张: 32 字数: 795 千字

1992 年 3 月第 1 版 1992 年 3 月第 1 次印刷

印数: 0001-8000

ISBN 7-302-00975-9/TP·364

定价: 14.00 元

前 言

系统分析员教程是全国计算机应用软件人员水平考试辅导丛书之一。编写本教程的目的是：为从事开发计算机信息系统的系统分析、设计人员的应试和提高提供一本较全面的辅导材料。教程包括三部分内容：第一部分是经济科学和管理科学的基础性知识，它是系统分析员应该了解的社会科学知识；第二部分是计算机信息系统的分析、设计方法论，它对计算机信息系统常用的分析、设计方法做了概述，方法论是系统分析员必须掌握的知识；第三部分是计算机技术和网络技术基础知识，作为计算机信息系统开发的技术手段，系统分析员也必须了解和掌握。当然，实践经验对于系统分析员是十分重要的，而这只有通过实际工作才能积累和得到，它也应该是系统分析员业务考核的重要方面。

本书所收集的材料，没有包括过程控制、辅助设计和科学计算等领域的专门知识，这些领域中的高层次技术人员还必须掌握相应领域的专门知识。

系统分析员教程编写的风格和材料组织与丛书其它内容的书亦有不同，它着重于对考试大纲相关内容有重点地细化和深化，其余方面的知识应与程序员或高级程序员考试指导材料配合学习。

系统分析员教程大纲的制定和教程的编写是在北京大学杨芙清教授的主持和关心下进行的。从1988年初开始，经过了多次讨论和修订，参加大纲讨论的除编委会以外还有北京大学、清华大学、中国科学技术大学研究生院以及其它单位的仲萃豪、朱三元、麦中凡、吴克忠、沈林兴、陈禹、孙强南、张大洋、俞金康、赵天寿、殷志鹤、钱家骅、黄明成、蔡诗涛以及北京计算机软件人员水平考试委员会的专家和有关负责同志。

本书由罗晓沛、侯炳辉主编，具体参加编写本书的有：张金水、潘家轺、刘光庭、石涌江（第一章），侯炳辉（第二、四、五章）、罗晓沛（第三、六、七、八章），齐英杰、谢建国（第四章），郑人杰、周之英、郑启华（第九章），唐世渭、杨冬青（第十章），刘福滋（第十一章），王志焜、徐国平（第十二章）。

在本书的编写过程中，得到了中国计算机学会的指导和帮助。清华大学出版社的同志为使本书的尽快出版付出了辛勤劳动，特此致谢！

中国软件行业协会考试指导中心

1991年9月

目 录

第一章 经济管理基础	1	4.2 系统的初步调查与可行性分析	82
1.1 基础经济知识	1	4.2.1 系统初步调查	82
1.1.1 微观经济学	1	4.2.2 可行性分析	83
1.1.2 宏观经济学	12	4.2.3 可行性分析报告	84
1.2 基础管理知识	22	4.3 系统分析与初步设计	84
1.2.1 企业计划管理	22	4.3.1 目标分析	85
1.2.2 企业生产管理	25	4.3.2 环境分析	86
1.2.3 企业市场营销管理	30	4.3.3 数据分析	89
1.2.4 企业质量管理	32	4.3.4 逻辑模型的建立	92
1.2.5 企业物资管理	38	4.3.5 物理模型的建立	104
1.2.6 企业财务管理	42	4.3.6 效益分析	109
第二章 系统与信息	44	4.3.7 系统实施计划	110
2.1 系统与系统工程	44	4.3.8 系统方案说明书	113
2.1.1 系统的定义	44	4.4 系统详细设计	113
2.1.2 系统的类型	45	4.4.1 子系统设计的原则	
2.1.3 系统方法	46	和策略	116
2.2 信息及其管理	47	4.4.2 IPO 图设计	129
2.2.1 信息及其属性	47	4.4.3 数据字典描述	130
2.2.2 信息的价值	49	4.4.4 数据库设计	131
2.2.3 信息的管理	51	4.4.5 应用程序设计	136
2.3 计算机信息系统	56	4.4.6 代码设计	138
2.3.1 电子数据处理系统	56	4.4.7 I/O 设计	139
2.3.2 管理信息系统	56	4.4.8 系统的安全性与	
2.3.3 决策支持系统	59	可维护性	141
2.3.4 计算机集成制造系统	62	4.5 系统实现	142
第三章 计算机信息系统分析、设计		4.5.1 系统实现的准备	142
方法概述	65	4.5.2 软件研制	143
3.1 概述	65	4.6 系统的实施与运行	145
3.2 分析、设计方法概述	65	4.6.1 系统的实施	146
3.3 系统开发涉及的基本问题	68	4.6.2 系统的运行	148
3.4 本学科内容及与其它学科的关系	75	4.7 系统的维护与评价	149
3.5 系统分析及培养	76	4.7.1 系统的维护	149
第四章 结构化生命周期方法	79	4.7.2 系统的评价	150
4.1 方法概述	79	4.8 结论	150
4.1.1 生命周期各阶段的划分	79	第五章 系统模型与模拟	152
4.1.2 系统开发过程中的		5.1 系统模型与模拟	152
项目控制	81	5.1.1 系统模型与模拟概述	152

5.1.2	系统模型的类型	153	6.5.3	提出判断和结论	223
5.1.3	系统模型建立的原则 及步骤	153	6.6	定义系统总体结构	225
5.1.4	离散型系统模拟的机理	154	6.6.1	企业的信息结构图	225
5.1.5	随机数发生器及随机变量 的产生	156	6.6.2	确定主要系统	225
5.1.6	模拟语言	158	6.6.3	表示数据流向	225
5.1.7	GPSS 及 M/M/1 系统 模拟	158	6.6.4	识别子系统	225
5.2	运筹学模型	160	6.6.5	先决条件的分析	229
5.2.1	运筹学模型的基本类型	160	6.6.6	信息结构的使用计划	230
5.2.2	分配模型	160	6.7	确定系统的优先顺序	230
5.2.3	网络模型	167	6.7.1	确定选择的标准	230
5.2.4	选址模型	168	6.7.2	子系统的排序	230
5.2.5	排序模型	170	6.7.3	优先子系统的描述	230
5.2.6	决策模型	177	6.7.4	实施方法的选择	231
5.2.7	排队系统模型	187	6.8	信息资源管理	232
5.2.8	库存控制模型	188	6.9	制定建议书和开发计划	232
5.3	数量经济模型	191	6.10	成果报告和后续活动	233
5.3.1	预测模型	191	6.10.1	成果报告	233
5.3.2	投入产出模型	198	6.10.2	后续活动	233
第六章	企业系统规划方法	202	6.11	结论	234
6.1	概述	202	第七章	战略数据规划方法	235
6.1.1	BSP 的起源	202	7.1	概述	235
6.1.2	BSP 的概念	202	7.1.1	方法的来源	235
6.1.3	BSP 的目标	204	7.1.2	内容的概述	235
6.2	BSP 方法的研究步骤	204	7.1.3	系统开发策略	235
6.2.1	研究项目的确立	204	7.2	自顶向下规划的组织	239
6.2.2	研究的准备工作	204	7.2.1	规划工作的组织	239
6.2.3	研究的主要活动	205	7.2.2	信息资源规划	239
6.3	定义企业过程	207	7.2.3	数据规划的基本步骤	240
6.3.1	过程定义的目的和条件	207	7.3	企业模型的建立	242
6.3.2	产品和资源的生命周期	207	7.3.1	企业职能范围	242
6.3.3	定义过程的基本步骤	208	7.3.2	业务活动过程	242
6.4	定义数据类	213	7.3.3	企业模型图	246
6.4.1	识别数据类	213	7.3.4	战略业务规划	246
6.4.2	给出数据类定义	216	7.3.5	关键成功因素	246
6.4.3	建立数据类与过程 的关系	216	7.4	主题数据库及其组合	247
6.5	分析当前业务与系统的关系	217	7.4.1	主题数据库概念	247
6.5.1	分析现行系统支持	217	7.4.2	主题数据库的选择	248
6.5.2	确定管理部门对系统 的要求	218	7.4.3	主题数据库的组合	248
			7.4.4	四类数据环境	249
			7.5	战略数据规划的执行过程	250
			7.5.1	企业的实体分析	250
			7.5.2	实体活动分析	256
			7.5.3	企业的重组	260

7.5.4	分布数据规划	260	9.2.1	快速原型方法概述	316
7.6	战略数据规划过程提要	265	9.2.2	快速原型方法的特征	317
7.6.1	自顶向下战略规划		9.2.3	快速原型的实现途径	319
	基本过程	265	9.2.4	原型方法的技术与工具	322
7.6.2	一整套方法——系统的		9.2.5	原型方法的影响	323
	方法论	268	9.3	面向对象设计方法	324
7.7	简短结论	268	9.3.1	面向对象的分析方法	325
第八章	应用原型化方法	270	9.3.2	面向对象设计方法	
8.1	概述	270		的由来	327
8.1.1	原型化的概念	270	9.3.3	面向对象设计的概念	328
8.1.2	原型化的内容	270	9.3.4	面向对象的设计方法	331
8.2	原型定义策略	271	9.3.5	问题定义	331
8.2.1	需求定义的重要性	271	9.3.6	概括描述	333
8.2.2	严格定义的策略	272	9.3.7	形式化处理	333
8.2.3	原型定义的策略	275	9.3.8	另一个面向对象设计	
8.2.4	原型化的优点及其意义	277		的方法	343
8.2.5	原型化与预先定义		9.3.9	一个设计实例	344
	的比较	278	9.3.10	面向对象设计小结	348
8.3	原型生命周期	278	9.4	第四代语言	348
8.3.1	原型生命周期划分	278	9.4.1	变革的需要	348
8.3.2	原型化的准则与策略	282	9.4.2	五代语言	349
8.3.3	混合原型化策略	287	9.4.3	过程化与非过程化语言	352
8.3.4	原型的实施	289	9.4.4	用户友好性	353
8.4	原型化中心	290	9.4.5	有限的功能	353
8.4.1	原型化中心的组织	290	9.4.6	选择性	354
8.4.2	原型化中心的人员配备	291	9.4.7	交互性	355
8.4.3	硬件需求	292	9.4.8	简洁性	355
8.4.4	软件需求	292	9.4.9	一些基本原理	356
8.4.5	原型工作环境	294	9.4.10	第四代语言的特性	357
8.5	原型化与项目管理	296	9.4.11	第四代语言的组成	358
8.5.1	项目管理的必要性	296	9.4.12	第四代语言的标准	359
8.5.2	项目管理的内容	297	第十章	数据库设计	361
8.6	结构化开发生命周期(SDLC)与		10.1	数据库设计概述	361
	原型化生命周期(PLC)	298	10.1.1	数据库系统	361
8.7	结论	298	10.1.2	数据库设计过程	362
第九章	软件工程	300	10.2	概念设计	363
9.1	软件可靠性与质量保证	300	10.2.1	需求分析及描述	363
9.1.1	软件可靠性	300	10.2.2	概念数据模型	364
9.1.2	软件质量因素和		10.2.3	视图设计	365
	质量特性	304	10.2.4	视图合并	367
9.1.3	软件质量保证	306	10.3	逻辑设计	370
9.1.4	软件验收测试	312	10.3.1	不同数据模型中的	
9.2	快速原型方法	316		逻辑模式	370

10.3.2	逻辑设计过程	371	11.4.2	通信方式	438
10.4	物理设计	376	11.4.3	下位层协议与标准化	449
10.4.1	存储结构简介	376	11.4.4	上位层协议与网络软件 的构造	450
10.4.2	索引和记录聚类	378	11.5	网络设计方法	452
10.5	规范化理论	378	11.5.1	网络设计步骤	452
10.5.1	什么是“不好”的 关系模式	379	11.5.2	网络处理能力的 考虑方法	453
10.5.2	函数依赖	379	11.5.3	网络可靠性的 考虑方法	454
10.5.3	2NF, 3NF, BCNF	381	11.5.4	网络费用的考虑方法	455
10.5.4	多值依赖和 4NF	384	11.5.5	网络设计的支撑工具	456
10.5.5	关系模式的分解	385	11.6	网络实例	457
10.5.6	规范化理论的应用	388	11.6.1	公用网络	457
第十一章	计算机网络	392	11.6.2	ARPA 网	459
11.1	计算机网络的形成和发展	392	11.6.3	SNA	459
11.1.1	计算机网络的 形成过程	392	11.6.4	MAP 和 TOP	461
11.1.2	分散处理系统的 考虑方法	395	11.6.5	大型 LAN 实例	463
11.1.3	计算机网络的功能 与应用	396	第十二章	计算机系统配置与性能评价	464
11.1.4	计算机网络的类型	397	12.1	概述	464
11.2	数据通信技术	398	12.1.1	计算机系统分类	464
11.2.1	数据通信系统的组成	398	12.1.2	计算机系统的几个 主要性能	465
11.2.2	数据传输技术	399	12.1.3	几种计算机系统 性能举例	466
11.2.3	数据交换(转接)技术	405	12.2	信息系统中的计算机系统结构	467
11.2.4	传输控制	410	12.2.1	集中处理方式	467
11.2.5	卫星通信	414	12.2.2	相联的用户环境	467
11.2.6	光通信	415	12.2.3	三层互联结构	470
11.2.7	移动通信	416	12.3	计算机系统性能的评测	471
11.2.8	综合业务数字网(ISDN)	417	12.3.1	基准程序测试法	471
11.2.9	数据通信系统的 保密方式	419	12.3.2	基准程序编制原则	471
11.3	计算机网络体系结构	420	12.3.3	基准程序的测试方法	472
11.3.1	网络体系结构的 基本原理	420	12.4	个人计算机性能的评测	473
11.3.2	协议的层次化	425	12.4.1	个人计算机性能基准 测试程序	473
11.3.3	开放系统互连(OSI)	428	12.4.2	测试个人计算机运行速度 的标准基准程序	484
11.3.4	协议的描述、验证 和试验	434	12.4.3	Demopm 综合基准程序	485
11.4	局域网(LAN)系统	436	12.4.4	80386 个人计算机使用 的基准程序	486
11.4.1	局域网系统的功能 与构成	436	12.5	多用户 UNIX 系统的评测	487
			12.5.1	UNIX 操作系统的基准	

测试程序	488	12.6.4 测试 I/O 吞吐率的	
12.5.2 多用户 UNIX 系统综合		基准程序	496
评测程序	491	12.7 多项指标加权评测方法简介	497
12.5.3 Neal Nelson 事务处理系统		12.7.1 制定评价指标	497
基准测试	494	12.7.2 确定评价指标	
12.6 大型机评测	494	加权值 W	497
12.6.1 Whetstone 程序	495	12.7.3 指标的评分标准	498
12.6.2 Dhrystone 基准		12.7.4 评价综合计算	498
测试程序	495	12.7.5 实例	499
12.6.3 Linpack 基准程序	496		

第一章 经济管理基础

1.1 基础经济知识

1.1.1 微观经济学

微观经济学主要讨论单个消费者的消费行为与需求函数,以及单个生产者的产品生产与供给行为,同时还讨论怎样依据商品市场调节与计划调节使供给与需求达到均衡。

系统分析员是国家、地区或企业等的决策或辅助决策人员。开发管理信息系统的最终目的是使我们能更方便、更迅速、更准确地进行各种产品的需求预测,分析地区或企业生产行为与经济效益等,从而能作出正确的决策,使经济快速增长,因此系统分析员应具有较深入的微观经济学知识。

下面简要介绍微观经济学基本知识,更详细的内容可见参考资料。

一、消费者行为与需求函数

供给与需求是经济的两个基本方面。产品的需求预测更是企业经济活动分析的主要内容之一。现从实际的需求预测出发,探讨如何正确选择需求函数的数学关系式;介绍消费者基本行为与效用最大法则以及如何利用效用最大法则与满足消费者行为的凹效用函数来正确确定需求函数的数学关系式;讨论如何依据历史数据估计其中参数,从而完全给出需求函数关系式,使预测工作有科学依据。

所谓需求预测就是要计算出人们对某种产品可能达到的需求量。我们用 x_1 表示人们对某一种产品总需求量。首先, x_1 与该种产品价格 p_1 有关。 p_1 上升时,需求量下降从而销售量也下降; p_1 下降时,需求量或销售量将会上升。其次,还与其它产品价格 $p_2, \dots, p_n$ 有关。比如, p_1 是鱼的价格, x_1 是鱼的需求量, p_2 是肉的价格,那么当鱼价 p_1 不变而肉价 p_2 上升时,将使得鱼需求量 x_1 上升,即人们愿多购鱼而少购肉。再次, x_1 还与人们的消费总支出 I 有关。比如,当银行利率太低而价格上升幅度太快时,人们将会从银行取出大量存款,去购买实物。这意味着消费支出 I 上升,从而需求量 x_1 也上升。除此之外,某种产品需求量 x_1 还与人们的消费心理有关。比如,当预测未来的某些商品价格将上涨时,人们可能会争相购买;反之,若估计以后该商品价格会下降时,那么可能持币待降价后再购,从而使当前销售量下降,即需求下降。如果不考虑心理因素等其它原因,那么可以认为需求量与价格 $p_1, \dots, p_n$ 及消费总支出 I 有关,即需求量是价格与消费总支出的函数。记

$$x_1 = f_1(p_1, \dots, p_n, I) \quad (1.1)$$

称式(1.1)所示的函数为需求函数。此式为定性函数式,如何求需求函数的定量关系式呢?假设采用如下函数关系式:

$$x_1 = a_{11}p_1 + a_{12}p_2 + \dots + a_{1n}p_n + b_1I \quad (1.2)$$

式中, $a_{11}, \dots, a_{1n}, b_1$ 为待定常数。如果收集到 m 组数据(一般 m 应大于 n),便可以依本书第

五章 5.3 节中多元线性回归预测模型提供的方法, 估计出待定常数 $a_{11}, \dots, a_{1n}, b_1$ 的估计值: $\hat{a}_{11}, \dots, \hat{a}_{1n}, \hat{b}_1$, 从而完全确定了需求函数的具体表达式:

$$x_1 = \hat{a}_{11}p_1 + \hat{a}_{12}p_2 + \dots + \hat{a}_{1n}p_n + \hat{b}_1I \quad (1.3)$$

设 $\hat{a}_{11} = -1.2$, $\hat{a}_{12} = 2.8$, $\hat{b}_1 = 0.15$, 则式(1.3)为

$$x_1 = -1.2p_1 + 2.8p_2 + 0.15I \quad (1.4)$$

式(1.4)为只考虑两种产品的情况。设当前价格 $p_1 = 1$ 元/每单位, $p_2 = 2$ 元/每单位, $I = 12$ 千万元。那么:

$$x_1 = -1.2 \times 1 + 2.8 \times 2 + 0.15 \times 12 = 6.2 \quad (\text{万吨})$$

现在要问, 如果第一种产品提价 30%, 即 $p_1 = 1.3$, 那么该种产品将从当前 6.2 万吨的需求量变为多少呢? 这可以依据(1.4)进行计算:

$$x_1 = -1.2 \times 1.3 + 2.8 \times 2 + 0.15 \times 12 = 5.84 \quad (\text{万吨})$$

以上简要介绍了对某种产品需求量进行预测的基本过程与步骤: 第一步: 确定需求模型的结构, 即认为式(1.1)具有式(1.2)所示形式。第二步: 模型的数据采集。第三步: 参数估计, 即具体确定式(1.2)中的待定参数值。

要想做到预测结果具有较高的可信度, 最重要的一点是不能随意确定需求函数的模型结构。也就是说, 式(1.2)所示的需求函数应当符合经济理论与实践。

现在来考虑式(1.2), 它是否符合经济理论与实践呢? 回答是否定的, 即它与经济理论相违背。例如, 解放后曾作过一次货币面值调整。一万元一张钞票改为一元一张。当然相应的物价也作调整, 比如每斤肉由 6 千元改为 0.6 元, 工资也由每月 60 万元改为每月 60 元, 等等。当作了这种调整之后, 对现实生活无任何影响。也就是说, 物价 $p_1, \dots, p_n$ 缩小(或扩大)一万倍(或其它倍数), 工资或消费支出 I 也缩小(或扩大)一万倍(或其它倍数), 任何一种产品需求量应当不变。上述常识在经济理论上表述为: 式(1.1)所示的消费需求函数应满足如下齐次条件:

$$\begin{aligned} x_1 &= f_1(p_1, \dots, p_n, I) \\ &= f_1(kp_1, \dots, kp_n, kI) \end{aligned} \quad (1.5)$$

而式(1.2)显然不满足齐次条件。从式(1.2)有:

$$\begin{aligned} &a_{11}(kp_1) + a_{12}(kp_2) + \dots + a_{1n}(kp_n) + b_1(kI) \\ &= k(a_{11}p_1 + a_{12}p_2 + \dots + a_{1n}p_n + b_1I) \\ &= kx_1 \end{aligned} \quad (1.6)$$

上式表明, 若物价与消费支出同时缩小 k 倍, 那么产品需求量也缩小 k 倍。这显然与常识不符。也就是说, 如果将货币面值从一万元改为一元一张, 某商店月销售肉量比如是 10 万斤将会变为 10 斤, 这显然是不对的。因此, 式(1.2)不能作为需求函数, 即不能用于实际的需求预测。

式(1.2)不满足需求函数的齐次条件, 在实际工作中有些人采用如下的函数关系式来代替式(1.2):

$$\begin{aligned} x_1 &= A_1 p_1^{\beta_{11}} p_2^{\beta_{12}} \dots p_n^{\beta_{1n}} I^{\gamma_1} \\ \beta_{11} + \beta_{12} + \dots + \beta_{1n} + \gamma_1 &= 0 \end{aligned} \quad (1.7)$$

式(1.7)显然满足齐次条件:

$$A_1 (kp_1)^{\beta_{11}} (kp_2)^{\beta_{12}} \dots (kp_n)^{\beta_{1n}} (kI)^{\gamma_1}$$

$$= k^{\beta_{11} + \beta_{12} + \dots + \beta_{1n} + \gamma_1} \cdot A_1 p_{11}^{\beta_{11}} p_{12}^{\beta_{12}} \dots p_{1n}^{\beta_{1n}} I^{\gamma_1} = k^0 x_1 = x_1$$

式(1.7)中, $A_1, \beta_{11}, \dots, \beta_{1n}, \gamma_1$ 是常数, 它们可以依实际数据来估计出具体数值。式(1.7)称为对数线性函数关系式, 对式(1.7)两边取对数:

$$\lg x_1 = \lg A_1 + \beta_{11} \lg p_1 + \beta_{12} \lg p_2 + \dots + \beta_{1n} \lg p_n + \gamma_1$$

依据表 1.1 的历史数据以及本书第五章 5.3 节中多元线性回归预测模型提供的方法, 便可以确定出估计值: $\hat{A}_1, \hat{\beta}_{11}, \dots, \hat{\beta}_{1n}, \hat{\gamma}_1$, 估计到的参数应基本满足:

$$\hat{\beta}_{11} + \hat{\beta}_{12} + \dots + \hat{\beta}_{1n} + \hat{\gamma}_1 \doteq 0$$

这样得到的需求函数模型:

$$x_1 = \hat{A}_1 \hat{p}_{11}^{\hat{\beta}_{11}} \hat{p}_{12}^{\hat{\beta}_{12}} \dots \hat{p}_{1n}^{\hat{\beta}_{1n}} I^{\hat{\gamma}_1} \quad (1.8)$$

便比式(1.3)有改进了, 它满足齐次条件。

现在我们再看式(1.7)所示的需求函数关系式是否符合理论与经济实践呢? 回答仍然是否定的。假如全社会只有两种产品, 人们对这两种产品总消费支出为 I 元, 需求量分别为 x_1 与 x_2 , 那么依日常生活常识可知, 消费总支出 I 应等于两种产品各自支出之和:

$$p_1 x_1 + p_2 x_2 = I \quad (1.9)$$

式(1.9)在经济学上称为预算约束, 又称为加总条件。需求函数不仅应当满足齐次条件, 还应当满足加总条件。不难知道, 式(1.7)所示的函数关系式不满足加总条件(请自行验证)。因此它仍然不能用作需求函数来进行实际预测工作。

以上分析我们看到一个重要的事实, 系统分析员必须明确和理解企业(泛指各类型的业务组织和部门)的经营、管理目标及其战略发展方向, 也就是说, 建立计算机管理信息系统的最终目标是提高企业经济效益, 而要达到这个目标, 不可避免地要遇到本企业产品的定量需求预测等问题。而要进行产品的定量需求预测首先要找到一种既满足经济理论, 又符合实践的需求函数关系表达式。现在有两个重要的基本问题:

第一: 需求函数关系表达式除了应当满足齐次条件、加总条件之外, 还应当满足其它一些什么样的条件呢?

一般地说, 需求函数关系表达式应当满足齐次条件、加总条件、恩格尔条件、古诺条件、对称条件等。这些条件具体含义以及为什么要满足这些条件, 可以在本章后所附参考资料中进一步找到答案。

第二: 如何去寻找满足上述各种条件的需求函数关系表达式呢?

要回答第二个问题必须介绍微观经济学的需求理论。下面简要介绍微观经济学的消费者行为、效用最大法则以及需求函数的基本知识。

消费者行为与效用函数: 当人们用货币去购买商品时, 他们便是消费者。人们希望用现有的工资收入去购买各种商品, 使之达到最大的满意程度。比如某人月工资 200 元, 每周去高级饭馆吃一餐支出 40 元, 共需支出 160 元, 剩下 40 元供平时衣食住行, 这种消费行为显然“效益”很差, 或者说: “不会过日子”。

什么是消费的“效益”或“效用”呢? 直观地讲, 如果 n 种消费品的消费量 $x_1, \dots, x_n$ 越多, 生活水平将越高, 或所获得的“效益”或“满意程度”也越高。我们用一个量 u 表示生活水平或所获得的消费效益。生活水平 u 与享受到的物质量(消费量) $x_1, x_2, \dots, x_n$ 有关, 或 u 是 $x_1, \dots, x_n$ 的函数, 记为:

$$u = u(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1.10)$$

上式称为物质生活水平函数或效用函数。

现在首先考虑只有一种消费品的情况。这时式(1.10)变为： $u=u(x)$ ，效用函数 $u(x)$ 应当满足如下两条假设：

(1) 消费量占有越多越好；或随着享受到的物质质量 x 越大，生活水平 u 越高。

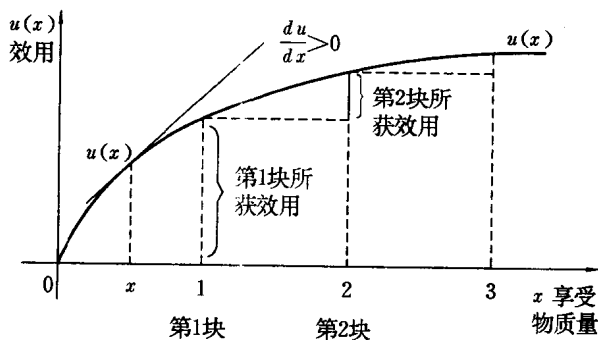


图 1.1 效用函数

(2) 当消费量 x 越大时，再增加同一量 Δx 所得到的效益增加量 Δu 越小。

举个例子，盛夏口渴。当人们吃下第一块西瓜时得到的满意程度比较大，而吃第二块西瓜时 ($\Delta x = 1$ 块)，这块西瓜给予的满意程度 (Δu) 显然要小些。西瓜吃得越多时 (x 越大)，再多吃每一块西瓜能获得的满意程度将越来越小，直到后来不想吃了，即西瓜对人们暂时没

用处了。图 1.1 给出了其效用函数的基本特征。

我们称假设(1)为多多益善公设，即在图 1.1 中 $u(x)$ 曲线随 x 上升而上升，曲线上任一点斜率 $du/dx > 0$ 。称假设(2)为享受有够公设，即 $u(x)$ 是一条弯曲的曲线，并使得一阶导数逐渐变小，或 $u(x)$ 的二阶导数小于 0。假设(1)和(2)在经济学上又称为：

(1) 效用函数递增公设： $du/dx > 0$ 。

(2) 边际效用递减公设： $d^2u/dx^2 < 0$ 。

下面考虑两种消费品的情况。

(1) 效用函数递增公设：

$\frac{\partial u(x_1, x_2)}{\partial x_1} > 0$ ，表示第一种消费品占有量 x_1 越多，生活水平 $u(x_1, x_2)$ 越高。

$\frac{\partial u(x_1, x_2)}{\partial x_2} > 0$ ，表示第二种消费品占有越多越好，这意味着消费者总是追求享受品种的多样化。

(2) 凹效用函数公设：享受有够及追求享受品种多样化意味着 $u(x_1, x_2)$ 是 x_1 与 x_2 的凹函数，直观地讲，曲面 $u(x_1, x_2)$ 是向下弯曲的。从数学上讲，凹效用函数意味着它的二阶导数阵 $\partial^2 u / \partial x^2$ 是负定对称阵。

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 u(x_1, x_2)}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 u(x_1, x_2)}{\partial x_1 \partial x_2} \\ \frac{\partial^2 u(x_1, x_2)}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 u(x_1, x_2)}{\partial x_2^2} \end{bmatrix}$$

以上讨论了效用函数所应当满足的一些基本假定。不难将它推广到具有 n 种消费品的一般情况中去。

下面讨论效用最大法则与需求函数：

假如某人手边有 4 元钱，去商店购买肉与鱼两种商品。先拿出 1 元钱，它或可用来买 0.1 公斤肉，或可用来买 0.2 公斤鱼。哪个上算 (效用更大一些) 就买那个。不妨设第 1 份

0.1 公斤肉可获 8 个满意程度,第 1 份 0.2 公斤鱼可获 3 个满意程度,那么第 1 元钱用于买肉。再拿出 1 元钱,若继续用来买肉,这第 2 份 0.1 公斤肉可获 5 个满意程度,仍大于买鱼可获的 3 个满意程度,那么第 2 元钱仍是买肉更上算。再拿出第 3 个 1 元,若买肉可获 3 个满意程度,买鱼仍为 3 个满意程度,这时买哪个都可以。如果第 3 个 1 元用于买肉,则第 4 个 1 元再用于买肉时所获满意程度依享受有够假设必少于 3,这样第 4 个 1 元应用于买鱼。因此 4 元钱有 3 元用于购肉,1 元用于购鱼。从上可看到一个重要事实,最后每 1 元钱用于购鱼和购肉都获 3 个满意程度。这导出效用最大法则的直观解释。

效用最大法则直观解释:消费者购买各种消费品时,花在各种消费品上最后的每 1 元钱(严格讲应是每 1 小份钱)获得相同的满意程度。

消费者购买第 i 种商品量为 x_i ,最后 1 小份为 Δx_i ,购 Δx_i 花 $p_i \Delta x_i$ 的钱。而 Δx_i 产生满意程度为 $(\partial u / \partial x_i) \Delta x_i$,由于购最后 1 份时每元钱产生效益应相等,因此有

$$\frac{\frac{\partial u}{\partial x_1} \Delta x_1}{p_1 \Delta x_1} = \frac{\frac{\partial u}{\partial x_2} \Delta x_2}{p_2 \Delta x_2} = \dots = \frac{\frac{\partial u}{\partial x_n} \Delta x_n}{p_n \Delta x_n}$$

从而得到效用最大法则:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial x_1} = \frac{\partial u}{\partial x_2} = \dots = \frac{\partial u}{\partial x_n} \\ p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_n x_n = I \end{cases} \quad (1.11)$$

从高等数学来看,以上效用最大法则是如下求预算约束下效用极大的一组极值必要条件:

$$\begin{cases} \max & u(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ s.t & p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_n x_n = I \end{cases} \quad (1.12)$$

如果给出一种凹效用函数 u ,那么利用式(1.11)表示的效用最大法则便可求出需求函数 $x_i(p_1, \dots, p_n, I)$ 。

现给出两种消费品的效用函数:

$$u(x_1, x_2) = A(x_1 - \beta_1)^{\gamma_1} (x_2 - \beta_2)^{\gamma_2} \quad (1.13)$$

式中, β_1 与 β_2 分别表示各种商品最低限度需求量。 A, γ_1, γ_2 为常数并都大于零。 $0 < \gamma_1 < 1, 0 < \gamma_2 < 1, 0 < \gamma_1 + \gamma_2 < 1$ 时 u 是凹函数。

在式(1.13)中令 u 对 x_1, x_2 求偏导数,再代入式(1.11)中去,得到如下含有两个未知数 x_1, x_2 的方程组:

$$\begin{cases} \frac{\gamma_1}{p_1(x_1 - \beta_1)} = \frac{\gamma_2}{p_2(x_2 - \beta_2)} \\ p_1 x_1 + p_2 x_2 = I \end{cases}$$

解上式方程组,便得到两种商品的需求函数:

$$\begin{cases} p_1 x_1 = \left(\frac{\gamma_2 \beta_1}{\gamma_1 + \gamma_2} p_1 - \frac{\gamma_1 \beta_2}{\gamma_1 + \gamma_2} p_2 \right) + \frac{\gamma_1}{\gamma_1 + \gamma_2} I \\ p_2 x_2 = \left(\frac{-\gamma_2 \beta_1}{\gamma_1 + \gamma_2} p_1 + \frac{\gamma_1 \beta_2}{\gamma_1 + \gamma_2} p_2 \right) + \frac{\gamma_2}{\gamma_1 + \gamma_2} I \end{cases} \quad (1.14)$$

将它简记为:

$$\begin{cases} p_1 x_1 = a_{11} p_1 + a_{12} p_2 + b_1 I \\ p_2 x_2 = a_{21} p_1 + a_{22} p_2 + b_2 I \end{cases} \quad (1.15)$$

上式中的系数依式(1.14)应满足:

$$\begin{cases} a_{11} + a_{21} = 0 \\ a_{12} + a_{22} = 0 \\ b_1 + b_2 = 1 \end{cases} \quad (1.16)$$

不难将式(1.15)所示的需求函数及其系数所满足的条件(1.16)推广到一般情况:

$$\begin{cases} p_1 x_1 = a_{11} p_1 + \dots + a_{1n} p_n + b_1 I \\ \dots \dots \\ p_n x_n = a_{n1} p_1 + \dots + a_{nn} p_n + b_n I \end{cases} \quad (1.17)$$

上式表示每种商品的消费支出额 $p_i x_i$ 是各种商品价格及消费支出总额 I 的线性函数。在经济学上称为“线性支出系统”，也是实际经济预测工作最常用的一种需求函数。可以证明，线性支出系统不仅满足齐次条件、加总条件，还满足古诺条件、恩格尔条件、对称条件等等。它不仅与经济理论相符，也在经济预测实践中起重要作用。

如果人们采集到各个时期的各种产品价格及需求量 x_i 以及总消费支出额 I 的数据，便可以利用多元回归预测模型来估计出式(1.17)中的待定系数。所估计出的系数应基本上满足如下条件:

$$\begin{cases} a_{11} + a_{21} + \dots + a_{n1} = 0 \\ \dots \dots \\ a_{1n} + a_{2n} + \dots + a_{nn} = 0 \\ b_1 + b_2 + \dots + b_n = 1 \end{cases} \quad (1.18)$$

这样便可以依式(1.18)进行较准确的实际预测。如果所得的系数与条件(1.18)相差甚远，那么便不能用来进行实际预测，而应去发现问题，重新采集数据构模。

综上所述，企业经济活动分析不可避免要遇到社会对本企业产品需求预测问题。在进行需求预测定量工作中，首先应正确选择需求函数关系式。常用的一种需求函数关系式是线性支出系统。要找到符合经济理论与实践的需求函数关系式，首先要找到符合消费者行为的凹效用函数，然后利用效用最大法则进一步确定需求函数关系式。这样找出的需求函数关系式必然满足齐次条件等一系列要求。

以上介绍了需求理论基本知识，应当指出，现实的情况要更为复杂。例如，某种产品往往由多个企业共同生产，这涉及到垄断竞争问题。又如，有人认为：“我的企业不需进行销售预测，上级下达多少生产任务便生产多少，生产多少上级收购多少”。这说明在此种情况下需求预测由上级机关完成。还有人认为：“只要和各大商店经理搞好关系，让他们采购我厂产品，产品一旦摆在各大商店柜台上必能销售出去，用不着进行需求预测。”这是属于不平等竞争的情况。

应当指出，以上主要分析了消费品的需求理论。现实中许多企业并不是生产消费品，例如钢的生产并不用作最终消费，而是用作其它企业生产的投入。全社会对钢的需求称为生产的中间消耗需求。一般地说，对产品的需求分为：最终消费需求、中间消耗需求、投资需求、进出口需求等。在以后各节将进一步简要介绍它们之间的关系。

二、生产者行为与供给函数

现简要介绍生产者行为。主要内容有：生产函数、利润最大法则与供给函数。

1. 生产函数

当人们进行企业定量经济活动分析时，首先应当用数学函数关系式来描述企业投入原材料、劳动力、固定资产与产品产出量之间的关系。这种数学关系式便称为生产函数。

第一种生产函数：柯布-道格拉斯(Cobb-Douglas)总量生产函数。

$$Y = AK^\alpha L^\beta \quad (1.19)$$

式中， Y 为产品的总产出量， K 为产出 Y 时所使用的固定资产， L 为投入的劳动工时数， A 及 α 与 β 为待定常数。

当 $\alpha + \beta = 1$ 时，意味着规模收益不变。即当 K 与 L 扩大相同倍数时，产出量也扩大同一倍数。例如，当我们有 100 台机器 50 个工人时，产出量为 200 个单位，那么当投入 200 台机器 100 个工人时，产出扩大一倍为 400 个单位。

当 $\alpha + \beta < 1$ 时，意味着规模收益递减。

具有技术进步因素的柯布-道格拉斯生产函数为：

$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha} e^{\beta t} \quad (1.20)$$

式中， β 为技术进步系数。它表明同样的固定资产和同样多的人在过了一段时间之后，会由于技术进步而能生产更多的产品。

第二种生产函数：线性多部门生产函数。

线性多部门生产函数是实际经济计量工作中最有应用价值的一种模型。静、动态列昂惕夫投入产出模型，冯·纽曼模型等都属于这一类型。

考虑图 1.2 所示的某企业生产工艺流程图。

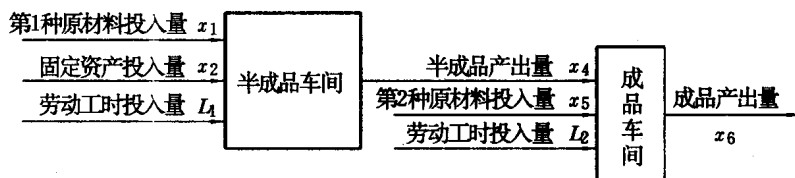


图 1.2 企业生产流程示意图

尽管实际生产过程比图 1.2 要复杂的多，但总可以依据投入产出因果关系来画出工艺流程图。

首先考虑图 1.2 中半成品车间投入量与产出量之间的函数关系。

假设半成品车间投入量与产出量成固定比例，即每生产出一单位半成品，需投入： a_1 单位第 1 种原材料， a_2 单位固定资产， b_1 单位劳动工时。

如果实际投入量为：

$$\begin{cases} x_1 = k \times a_1 & \text{单位第 1 种原材料} \\ x_2 = k \times a_2 & \text{单位固定资产} \\ L_1 = k \times b_1 & \text{单位劳动工时} \end{cases}$$

即投入的各生产要素成恰当比例，那么产出 $x_4 = k$ 单位半成品。这时：

$$\frac{x_1}{a_1} = \frac{x_2}{a_2} = \frac{L_1}{b_1} = k$$

如果实际投入的各生产要素不成恰当比例,比如原材料紧张,企业开工不足,固定资产不能充分使用,劳力闲置有余,这时:

$$\frac{x_1}{a_1} = k < \frac{x_2}{a_2}, \quad \frac{x_1}{a_1} = k < \frac{L_1}{b_1}$$

那么半成品车间产出量仍为 k 个单位。

因此可以用如下函数关系式表示半成品车间投入量与产出量之间的数量关系:

$$x_4 = \min \left\{ \frac{x_1}{a_1}, \frac{x_2}{a_2}, \frac{L_1}{b_1} \right\} \quad (1.21)$$

上式便是半成品车间生产函数。

类似地,设成品车间投入各要素必须成固定比例:

$$x_4 : x_5 : L_2 = a_4 : a_5 : b_2$$

那么,成品车间生产函数为:

$$x_6 = \min \left\{ \frac{x_4}{a_4}, \frac{x_5}{a_5}, \frac{L_2}{b_2} \right\} \quad (1.22)$$

以上生产函数并没有考虑加工时间,如果考虑加工时间延迟,则式(1.21)应改为:

$$x_4(t+1) = \min \left\{ \frac{x_1(t)}{a_1}, \frac{x_2(t)}{a_2}, \frac{L_1(t)}{b_1} \right\} \quad (1.23)$$

式中, $x_1(t)$, $x_2(t)$, $L_1(t)$ 表示第 t 年半成品车间各要素投入量。 $x_4(t+1)$ 表示第 $t+1$ 年半成品车间产出量,这时生产加工周期为 1 年。

2. 产量、成本、利润分析(量、本、利分析)

量、本、利分析是企业进行微观经济活动分析的重要组成部分。所有的企业都有会计师或经济师进行日常成本核算、利润计算等。通常的企业经济师不会想到用所谓的生产函数进行成本核算。但人们将会看到,在复杂的情况下,生产函数将使经济分析更加简洁明了。

假设已知:第 1 种原材料价格为 w_1 ;第 2 种原材料价格为 w_5 。使用固定资产要付出代价,因为资金若存银行而不用来购固定资产时,可在银行获利息。因此设固定资产使用的价格为 w_2 (在无固定资产折旧时, w_2 基本上与银行利率一致)。劳动工时工资率为 w 元/人年。那么在图 1.2 所示生产系统中,问:半成品与成品应怎样定价?

在这个问题中,假设生产周期为 1 年,工资年初发一次(实际上是每月发一次,这只需模型作些修改)。

首先考虑半成品车间成本核算与半成品定价。对半成品车间来讲,若本年产出 1 单位半成品,价值 p_4 元,则上年必须投入: a_1 单位第 1 种原材料,价值 $a_1 w_1$ 元; a_2 单位固定资产,使用这些固定资产所付代价为 $a_2 w_2$ 元; b_1 单位劳动工时,应付工资 $b_1 w$ 元。这样:

收入 = p_4 元

成本 = $(a_1 w_1 + a_2 w_2 + b_1 w)$ 元

设企业希望利润率为 r ,这样有:

$$p_4 = (1 + r)(a_1 w_1 + b_1 w + a_2 w_2) \quad (1.24)$$

上式便是半成品车间成本核算公式,或半成品价格计算公式。

进一步考虑式(1.24),半成品车间卖出半成品所获的 p_4 元收入至少应足够买原材料与发工资,因此,半成品定价不能低于

$$p_4 = a_1 w_1 + b_1 w \quad (1.25)$$

否则无法开工(或只能降低工资)。

综上所述,半成品车间供给函数为:

$\left\{ \begin{array}{l} \text{半成品价格低于 } a_1 w_1 + b_1 w \text{ 时, 无法开工, 半成品供应量为零;} \\ \text{半成品价格高于 } a_1 w_1 + b_1 w \text{ 时, 随价格上升, 供应量逐渐增加;} \\ \text{半成品价格高于 } (1+r)(a_1 w_1 + b_1 w) + a_2 w_2 \text{ 且 } r, w_2 \text{ 与银行利率基本一致} \\ \text{时, 将促使该半成品生产得到最大限度发挥。} \end{array} \right.$

类似地,成品车间成本核算为:

收入 = p_6 元

成本 = $(a_4 p_4 + a_5 w_5 + b_2 w)$ 元

注意到成品车间无投入固定资产,因此,当成品车间希望利润率为 r 时,

$$p_6 = (1+r)(a_4 p_4 + a_5 w_5 + b_2 w) \quad (1.26)$$

将式(1.24)中的 p_4 代入上式,便得到成品车间产品价格计算公式。

对该企业来讲,产品最低定价应使它足够购买原材料与发工资,因此成品最低定价为:

$$\begin{aligned} p_6^* &= a_4 p_4 + a_5 w_5 + b_2 w \\ &= a_4(a_1 w_1 + b_1 w) + a_5 w_5 + b_2 w \end{aligned} \quad (1.27)$$

成品的供给函数为:

$\left\{ \begin{array}{l} \text{成品价格低于最低定价 } p_6^* \text{ 时, 供应量为零;} \\ \text{成品价格高于最低定价 } p_6^* \text{ 时, 随价格上升, 供应量逐渐增多;} \\ \text{成品价高于式(1.26)的价格, 且 } r \text{ 和 } w_2 \text{ 与银行利率基本一致时,} \\ \text{将促使该企业生产得到最大限度发挥。} \end{array} \right.$

可以用图 1.3 所示图形表示该企业成品供给曲线。

由上所述,生产函数是产出量与投入的原材料、固定资产、劳动工时等之间的函数关系。而供给函数则是供给量与原材料价格、工资率、银行利率以及产品自身价格之间的函数关系。

从式(1.27)可知,技术不变时,即参数 a_1, a_4, a_5, b_1, b_2 等不变,原材料价格与工资率上升,将引起 p_6^* 上升,即图 1.3 中供给曲线右移,这意味着成品价格上升。反之,若原材料价格不变,工资率不变,技术水平或管理水平提高,即参数 a_1, a_4, a_5, b_1, b_2 等变小,那么供给曲线左移,这意味着成品价格将下降,或者企业在相同价格下可获更大利润。

以上讨论了简单情况下的生产函数与供给函数,以及量、本、利分析。更复杂情况在下几节讨论。

三、供需均衡与市场调节

供给和需求是经济学中最基本的两个方面。对生产者来讲,总是希望自己生产的产品能

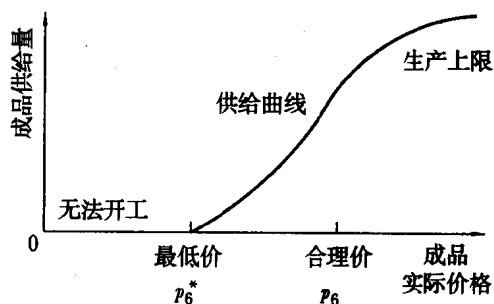


图 1.3 成品供给曲线