

医用运筹学基础

蔡金文 编



上海科学技术文献出版社

医用运筹学基础

蔡金文 编

上海科学技术文献出版社

内 容 提 要

本书主要介绍运筹学在医疗、卫生领域中的具体应用。全书分绪论、存贮论、排队论、模拟、决策分析、预测论和网络分析等七章。除第一章绪论外,其余各章后面均附有一定数量的习题。

本书内容丰富、实用性较强,既可作医学院校卫生管理专业学生、卫生管理干部培训班学员的教材;也可作从事各类医疗、卫生工作和卫生管理人员的自学参考书。

医 用 运 筹 学 基 础

蔡金文 编

*

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市武康路2号)

总 经 销

商务印书馆上海印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 5.75 字数 139,000

1987年4月第1版 1987年4月第1次印刷

印数: 1—5,200

书号: 14192·48 定价: 1.20 元

《科技新书目》136-247

编 者 的 话

运筹学自从本世纪四十年代兴起以后,在国外得到了迅速的发展。我国在五十年代引进这一学科,并于1958年定名为“运筹学”,以后不少理工科大学相继开设了运筹学课程,而医学院校则只是在八十年代初才刚刚开设该学科,而且借用的是理工科大学学生教材,对卫生管理专业学生很不适用。

我校在1982年准备为卫生管理专业学生开设这门课时,曾对国内已有的理工科大学教材和美、日、苏等译本的一些大学教材进行了选择。我们感到,运筹学还没有完全定型,且与医疗、卫生、管理的实际工作存在着一定的距离。不少教材把运筹学作为一门数学分支来处理,也有不少教材为了强调实用只对理论作了一些通俗的介绍。为此,本人编写了本书。本书所举的例子尽量结合实际,深入浅出,具有一定的实用性,较适合于各类在职卫生管理干部班和医学院校卫生管理专业的教学。

本书共分七章。第一章绪论,主要介绍运筹学的历史和研究的对象、方法及其应用;第二章存贮论,主要介绍几种较为实用的存贮模型。解决如血库、药库等应该存贮多少药品,每种数量多少,才能满足常规需要,又不造成积压浪费的问题。确定每次订购量,使订购费、贮存费为最小;第三章排队论,主要介绍单个服务情形和多个服务情形,解决医院门诊和住院医生的合理分配,提高工作效率,减少病人就诊时间。还可评价和分析在医院里的各种医疗仪器的使用情况,仪器的合理更新;第四章模拟,主要介绍常用而简单的模拟的基本思想和实施模拟;第五章

决策分析,主要介绍了一些常用而又较实用的决策模型,主要应用在临床决策,如给病人手术治疗还是保守治疗就用此方法进行处理;第六章预测论,主要介绍了十几种常用的预测模型,如将来的卫生机构应增加多少,医生数、护士数及卫生技术人员规模多大等就可用此法处理;第七章网络分析,主要应用在卫生防疫部门和卫生机构的设置以及医院基建等方面,其目标是花时少,工作量小,经济最优,效果较好。

在本书的编写过程中,得到了上海交通大学黄洁纲副教授、龚理民总工程师、季进如老师和我校张照寰副教授、孙伟民老师的指导和审阅,并提出了许多诚恳的意见。在此表示衷心感谢。

限于水平,书中难免有不足之处,敬请指教。

编 者

1985年12月于上海医科大学

序 言

运筹学这门学科还很年轻,只有三、四十年的历史,该学科用在医疗卫生领域方面时间更短,可以说只有几年的历史。如何把运筹学用在医学领域却是一个值得研究和探讨的问题。因为目前各医疗卫生机构面临着许多问题有待于合理解决。我认为有效的卫生管理是离不开运筹学这一学科知识之应用的。

本书作者经过多次讲授和实践,曾给卫生厅局长班,卫生管理干部讲习班(各医院院长)学员以及卫生管理干部专修班学生讲授,据了解反映效果尚好。在实践中,用运筹学的一些方法如排队论用在实施医院门诊管理,存贮论用在医院药库管理,特尔斐法用在医院工作质量评价和医学科研管理等方面。实践证明能较客观而科学地评价卫生事业管理方面情况,效果较好。

本书具有下列特点:每介绍一种方法都有实例计算,书中附有习题和主要参考资料。本书内容比较丰富,叙述清楚,通俗易懂,便于自学。本书对解决医疗卫生方面存在的许多问题有帮助,是医学院校卫生管理专业师生的一本较好的参考书。从本书内容来看,不仅适合于目前举办的各种卫生管理干部短训班学员学习,也适合于从事医疗卫生工作和卫生管理的医务工作者参考,借鉴。

总之,从事卫生管理学的工作者重视运筹学在医疗卫生领域中的应用是一件值得提倡的事。

卫生部医学科学委员会
秘书长 陈海峰

1985年12月21日

目 录

序言

第一章 绪论	1
§ 1-1 运筹学的历史	1
§ 1-2 运筹学的研究对象	3
§ 1-3 运筹学的方法	4
§ 1-4 运筹学在医疗卫生部门的应用	4
第二章 存贮论	6
§ 2-1 存贮论的基本概念	7
§ 2-2 物资存贮的 ABC 分类法	7
§ 2-3 存贮模型的类型	8
§ 2-4 确定性存贮模型	9
§ 2-5 随机性存贮模型	22
习题	31
第三章 排队论	34
§ 3-1 排队论的基本概念	36
§ 3-2 单个服务台情形 $M/M/1$ 模型	38
§ 3-3 多个服务台情形 $M/M/m$ 模型	45
§ 3-4 拟合度的检验	48
习题	55
第四章 模拟	56
§ 4-1 单服务系统的模拟	57
§ 4-2 多服务系统的模拟	61
习题	66
第五章 决策分析	69
§ 5-1 决策分析的基本步骤	69
§ 5-2 条件概率和贝叶斯(Bayes)定理	71

§ 5-3	决策树图	72
§ 5-4	风险型的决策模型及其决策准则	73
§ 5-5	非确定型决策模型及其决策准则	76
§ 5-6	检验诊断的灵敏度分析	83
§ 5-7	投资——效益分析	92
	习题	98
第六章	预测论	101
§ 6-1	半数平均法	102
§ 6-2	一次滑动平均法	105
§ 6-3	二次滑动平均法	107
§ 6-4	指数滑动平均法	110
§ 6-5	二次指数滑动平均法	112
§ 6-6	有增长趋势的季节模型	114
§ 6-7	罗吉斯曲线 (logistic curve) 模型	120
§ 6-8	皮尔生长曲线模型	126
§ 6-9	特尔斐法预测模型	130
	习题	136
第七章	网络分析	140
§ 7-1	网络的基本概念	140
§ 7-2	最短路问题	143
§ 7-3	最优分配问题	148
§ 7-4	计划评审法	152
§ 7-5	计划评审技术网络的计算方法	157
§ 7-6	网络的优化	160
	习题	165
	主要参考文献	168
	附录一 χ^2 分布的数值表	169
	附录二 泊松分布 $P(\xi=k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$ 的数值表	171
	附录三 正态分布函数 $\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2} du$	173
	附录四 随机数表	174

第一章 绪 论

§ 1-1 运筹学的历史

运筹学在欧美的简称为 OR (Operations Research), 日本译为“运用学”。我国译为“运筹学”, 有了更深的意义。除了“运用”又充实以“筹划”。

什么叫运筹学? 按照世界上最早出现的运筹学会(英国运筹学会)所下的定义: 运筹学是运用科学方法和多学科专家组成来解决工业、商业、政府、国防等部门里有关人力、机器、物质、金钱等大型系统的指挥或管理中所出现的复杂问题的一门学科。其目的是“帮助管理者以科学方法确定其方针和行动”。到目前为止, 关于运筹学的定义已经有几十种。但其核心部分则是“用科学方法、技术以及工具来处理自然环境中有关人和物的运行体系”。把运筹学作为一门学科并进行系统的研究, 则是本世纪四十年代的事了。

诚然, 早在 1938 年, 英国为了检验大型作战演习的效果, 成立了一个科学小组来进行此项工作, “运筹学”(意即作战研究)一词应运而生。而且在第二次世界大战期间, 英国、美国和加拿大的各个主要兵种相继成立了“运筹学”小组或“作战分析小组”等组织。但毕竟当时只是对具体问题进行了具体研究, 还没有把“运筹学”提到学科的高度。因此, 我们可以认为, 运筹学在当时只是处于一种孕育阶段。

第二次世界大战期间, 英国面临着如何抵御德国飞机轰炸的问题。当时德国拥有一支强大的空军, 而英国是一个面积很

小的岛国。英伦三岛的任何一块地方离欧洲大陆海岸的距离都不超过 100 公里。德国轰炸机最多只需要十七分钟就能飞到。英国飞机要在这极短的时间内完成预警、起飞、爬高、拦截等操作,这在当时的技术条件下是很难做到的。那时,虽然英国已设置了水平较高的预警雷达,但问题在于没有一套快速传递、数据处理和信息处理的设备,致使雷达与武器指挥系统配合不好,防空效果差。

这个问题,当时靠雷达专家(制造硬件设备的专家)来提高雷达本身的性能指标是无法解决的;靠军事家提高指挥素质也是无法解决的。于是,英国的国防部门成立了一个小组,由物理学家勃兰凯特领导,专门研究如何有效地使用当时英国军队里新部署的由雷达控制的防空系统。

勃兰凯特所领导的小组的成员如下:

两位数学家

两位理论物理学家

一位普通物理学家

一位天体物理学家

三位生理学家

一位军官

用今天的话来说,这是一个跨学科的研究小组,这在当时是很罕见的。所以,人们戏称为“勃兰凯特杂技团”。这个杂技团有些什么“节目”呢?请看 1940 年 8 月英国国防部为他们规定的“节目单”:

△ 预警雷达系统及时而准确地捕捉德国飞机;

△ 侦察机及时而可靠地搜索德国潜艇;

△ 商船上装高炮是否合理等等。

英国商船因当时经常受到德国飞机的轰炸,威胁很大,OR

小组决定船上装上高射炮来对付飞机的轰炸，结果高射炮没有击落过一架飞机。虽然德国飞机没有损失，但因飞机不能作低空飞行，只好作高空飞行，这样英国商船遭到德国飞机轰炸而受到损失远远比没有装上高炮小得多。OR 小组所作出的决定，其目的是保护商船而不是为击落飞机。

显然，这些精彩节目，都是直接为战争服务的军事研究工作。他们称之为 Operations Research，他们的小组被命名为 OR 小组。他们的工作很有成效，为战胜德国法西斯作出了很大的贡献。

上面简要的回顾告诉我们：OR 是在第二次世界大战期间发展起来的一门新兴学科。它是利用现代数学的成就，特别是统计数学的成就，来研究人力物力的合理运用与筹划，并使其发挥最大效率的理论方法和技术。

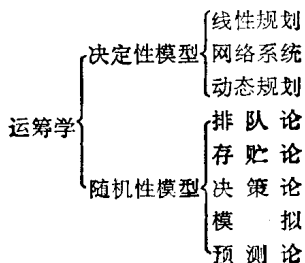
§ 1-2 运筹学的研究对象

运筹学所能做的事情就是：把当事人所提出的问题以及涉及的系统，以科学的方法弄清楚，并以科学的语言表达出来。若有可能，尽量用数学语言来陈述。同时又必须以严格的科学态度搜集和分析可以得到的资料，挑选出其中与问题有关的，并根据过去的经验考察其中与当前情况有因果关系的部分，然后再看看缺少哪些有用的资料并设法补充。假如这些缺少的资料由于某种原因不能搜集到，则需要考察在某种给定情况之下会产生什么结果。特别是要着重考察那些可控制的因素，注意它们的变化对于整个系统可能产生的影响。研究的目的是要对问题涉及的系统得到确切的了解，提出解决问题的途径，以便最优地去控制系统使之服从于当事人的最大利益。总之，运筹学的

目的,就是要帮助当事人作出决策:对情况作出客观的分析,对各种可能出现的情况作出科学的估计,提出控制系统的途径和方法。

§ 1-3 运筹学的方法

运筹学虽然以“运用科学方法来解决大型系统的指挥或管理中所出现的复杂问题”为其目标,但要求一个问题得到真正解决,往往需要有某种切实可行的方法以及具备解决该问题能力的人才。运筹学的发展同其它学科一样,也经历了一个从小到大,从简单到复杂的过程。也就是说,开始主要是解决一些比较简单的问题,然后发展到解决比较复杂的问题,所解决的问题的范围逐步扩大。同时,运筹学作为一门学科,在理论和方法上也取得了巨大的进展。运筹学的内容可以大致表示如下:



§ 1-4 运筹学在医疗卫生部门的应用

在管理科学领域里,运筹学知识有着特别重要的作用。目前生产部门应用运筹学知识要比社会服务部门更为普遍。医疗卫生部门运用运筹学则刚刚开始,例如,药房贮存多少种药物,每种药物贮存量多少,这样既能满足常规需要,又不造成积压浪

费。这个问题需用存贮论来解决。医院门诊各科需配派多少医生,既能使医生就诊时间即服务率较高,而且能使病人等待看病的时间短。这样合理调配,需用排队论方法处理解决。医院内的医生数、护士数及卫技人员等的配派是根据当地人口数及其它要求而决定的,因此我们不仅要知道现有医院的各级人员配派而且还要了解将来的发展趋势,到那时各级人员需要多少为最合理,要解决这类问题就得用预测论。合理分配资料是线性规划分析的一种方法。分析每一个卫生机构的产出量,例如研究医疗工作量时,要了解相应的投入的资源,产出量是受投入量制约的,线性规划可以回答这样的问题:怎样利用有限资源得出最大的产出量。当一个病人患了某种疾病后,经医生检查诊断后,就作出病人是否需要手术治疗,如手术,病情可能好转也可能恶化。不手术,病情表现也有两种情况,要么好转,要么恶化,这时就有两种选择方案,四种结果,哪一种好呢,也就是哪一种有效概率大。这种问题一般采用决策论来解决。其它方法在以后各章节中详细介绍。

第二章 存 贮 论

存贮是人们在日常生活或生产活动中经常遇到的问题，如把食品、用品等所需要的东西一一贮存起来。医院里血库、药库、医疗仪器设备的备件等需要贮存；卫生防疫部门的消毒用品也需要贮存。其目的在于解决和避免或减少供需之间的矛盾。但贮存会带来一系列问题，如物品的保管问题，资金积压等问题。

如果药品一次订货数量很多，那末存贮量很大，势必会影响流动资金的周转，同时有可能会发生药品变质、损坏。所以应尽可能把仓库里的药品控制在最低限度，甚至把库存量降到零点。如果贮存量太少（即有时缺货），会影响医疗卫生工作的正常进行。这两者都是不利的，也就是说都是不可取的。因此需要确定一个能解决这两者关系的、合理的、最经济的即最优的物资存贮量。

当医院里的某些药品消耗后，就要订货，假设为了减少药品大量贮存和积压，把每次订货数量降低一些，但订货的次数增加，这样表面上存贮费降低，药品积压而造成的损失减少了，但是订货的次数明显增加，用于订货的费用却在增加，还会出现缺货影响医疗质量，造成不必要的损失。如每次订货数量太多，虽可减少订货次数，但会相应地增加存贮量引起的费用。因此需要确定一个最优订货方案，每隔多少时间订货一次，每次订货数量为多少？使总费用最小。

存贮论的目的就是要解决这两方面的问题，它研究物资的

合理存贮问题,能使库存保持在最优水平上。

§ 2-1 存贮论的基本概念

1. 存贮物 指存在仓库内的所有物质,如药品、医疗仪器的备件等。

2. 需求量 指对某种物品在某时间的需求量。以 D 表示,如复方新诺明 300 瓶/月。

3. 批量 指某种物品一次订购的数量,以 Q 表示。

4. 间隔期 指两次订货(同类物品)之间的时间间隔。以 t 表示。

5. 提前期 指提出订货到收到货物的时间间隔,以 L 表示。

6. 订货费 订货费用包括每次订货到货物入库的全部费用,其中包括与供应者联系、设备装配、运货、检验等费用。

7. 存贮费 利息,物资的贮存损耗,陈旧和跌价损失费;仓库的折旧费,通风、照明费,自控设备费等。

§ 2-2 物资存贮的ABC分类法

ABC 分类法又称巴雷特(Pareto)分类法。因物资种类繁多,价格和重要性不一样,我们如将所有物资同等对待,全面去抓,势难管好物资。A、B、C 三级,按级别实行管理。

A 级: 库存物资品种累积数约占品种数的 5~10%, 而累积资金占库存资金总额 60~70%。

B 级: 库存物资品种累积数占品种数的 20~30%, 而资金累积数只占库存资金总额 20% 左右。

C级: 库存物资品种累积数占品种数的 60~70%, 而资金累积数只占库存资金总额的 10% 以下。

至于分级标准的百分数可由管理人员对库存管理的要求和库存资金数来具体确定。现举例说明如下:

某医院药库药品分类 A 级为平均年消耗资金在 1 万元以上共 51 种药, 资金 1,533,370.80 元, 占总药品种数的 7%, 占总资金为 65.5%。B 级 1 千元以上 1 万元以内共 206 种药, 693,938.70 元, 占总药品种数的 29%, 占总资金的 29.7%。C 级 1 千元以下的共 454 种药, 112,070.69 元, 占总药品种数的 64%, 占总资金的 4.8%。

如上所述对金额高数量少的 A 类物资应予重点管理, 即采用最优策略, 以减少总的费用; 而对于 B 类和 C 类物资, 则可根据具体情况和可能性, 采取简便的订购方式, 以便于进行管理。

§ 2-3 存贮模型的类型

物资通过建立数学模型来控制其合理存贮的数量。

1. 定点订货模型

定点订货模型就是通过计算公式求得订货点(库存降到这个点时就订货)和订货数量。如果达到订货点或小于订货点, 就应立即订货。这样能压低库存量, 因而降低存贮费用。因此定点订货制度一般适用于价值昂贵的, 关键性物资, 例如前面所讲的 A 类物资。

2. 定期订货模型

定期订货模型是每隔一段固定时间(如一周、一个月或若干个月等等)就考虑订货问题。这一般分为两种:

(1) 确定一个最高库存量, 每隔一段时间就订货一批。订

货数量不固定,但都订货到最高库存量。例如,订货时检查库存量为 X ,则订货量 = 最高库存量 - 库存量 X 。

(2) 确定一个库存量的下限 s 和上限 S ,每隔一段时间检查库存量 X 。当它大于或等于下限 s 时不订货;当它小于 s 时就订货,订货数量不固定,但可订购到使库存量达到上限 S 。例如,订货量为 $S - X$,这种做法又称为 (s, S) 策略。

定期订货制度通常适用于一般性物资,价值低的物资,如 C 类物资。

一个存贮问题主要考虑两个参数,(1)每次需要多少量,(2)何时订货。时间与数量这两个参数有确定性与随机性之分。于是将存贮模型分为确定型存贮模型与随机型存贮模型。

§ 2-4 确定性存贮模型

如果物资的备运期、交货的数量、需求量都是确定的,那末这种模型称为确定性模型;如果这些量基本上是确定的,也可以看作确定性模型。

1. 不允许缺货的经济批量模型

某药物在一定时间内,假定为一个月,需求量为 D ,订购费用为 K 元,一瓶(箱)每月存贮费为 C_1 元。问应隔多少时间订购一次,每次订购多少瓶(箱),才能使总费用,即订购费和存贮费之和最小呢?

如果订购费相对于存贮费相当大,那么一次就多订购一些,订购的间隔长一些,从而减少了订购费;反之,如果存贮费相对于订购费相当大,那末就尽量增加订购的次数,使库存量尽可能少一些。图 2-1 中 D 点的订购量为 DA ,均匀需求到 B 时,药物已用完。再订购的数量为 $BC(BC = DA)$,再继续需求药物,