

基于门诊病人流量优化医院床位数量:理论模型及政策含义

曹剑涛^{1*} 李志建¹ 马进²

1. 上海交通大学安泰经济与管理学院 上海 200052

2. 上海交通大学公共卫生学院 上海 200025

【摘要】从理论假设出发,本文认为基于门(急)诊病人流量的多少,可以推算出住院病人数量,再根据住院病人的平均住院天数,可以估算出医院需要的最优床位数量。通过分析、论证及检验,表明这是我国医院设置病床普遍采用的一种方法。所以,我国公立医院床位扩张的直接原因,是由于医院病人流量过多。解决大型公立医院规模过大问题,相关管理部门应从根本上进行合理的区域卫生规划,加强多元化办医,促使医疗资源的合理分配及利用。否则,直接的、盲目的控制医院的床位规模,并不能使医疗资源得到合理配置,而且会加重患者看病难的问题。

【关键词】医院规模;病人流量;优化床位数量;区域卫生规划

中图分类号:R197.1 文献标识码:A doi: 10.3969/j.issn.1674-2982.2012.11.007

Optimizing bed capacity based on outpatient flow in hospitals: The model and policy implications

CAO Jian-tao¹, LI Zhi-jian¹, MA Jin²

1. Antai College of Economics & Management, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200052, China

2. School of Public Health, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200025, China

【Abstract】 Taking the basic assumption that emergency-and-in-patient flow is a Poisson Process, we deem that the optimum bed capacity in hospitals can be estimated by the size of emergency-and-in-patient flow, the number of inpatients and average staying days in hospital. Through the process of analyzing, proving and testing, we show that the method is generally adopted by hospitals to design their bed capacity. Hence, the proximate reason to explain why public hospitals expanding bed capacity is that the size of patient flow is too much. In attempt to solve the problem of large public hospitals' over-size scale, health authorities are primarily supposed to commit health regional planning program, to promote diversified hospitals ownership and to render medical resources reasonably allocated and consumed. Otherwise, direct and arbitrary controlling bed capacity contributes to fail to facilitate reasonable allocation of medical resources, and to aggravate the problem of difficult-to-approach-treatment-for-patients.

【Key words】 Hospital scale; Patient flow; Optimizing bed capacity; Regional health planning program

医院床位数量是衡量医院规模的一个重要指标。1980—2010年,我国医院床位资源总量呈增长趋势,年均增长率为3.53%,其中近10年来年增长率为5.15%。^[1]同时,我国综合医院规模不断扩张,其床位不断增加。很多三级医院的床位超过了1 000张,四川华西医院床位早已超过了4 000张,甚至有

的县级医院试图申请扩张到3 000张床位。^[2]

医院规模的过度扩张,不仅导致卫生资源利用效率不高、医疗费用增长过快、效益低下和管理难度加大等问题^[3],而且增加了医院的经营风险、扩大了对患者的诱导需求。有研究认为,如果医院规模扩大一倍,其风险就会扩大四倍^[4];每增加10%的病

* 基金项目:国家自然科学基金(71273175)

作者简介:曹剑涛,男(1981年—),博士研究生,主要研究方向为医院管理。E-mail: cajata@qq.com

通讯作者:马进。E-mail: majin@shsmu.edu.cn

床,居民的住院服务利用就会增加 6.1%^[5]。因此,2010 年出台的《关于公立医院改革试点的指导意见》中,就明确强调了公立医院保持“适度规模”的要求。

根据西方新古典经济理论,从产品生产角度来说,存在生产边际报酬递减的规律;从投入成本的角度分析,存在规模经济。因此,根据利润最大化、成本最小化、销售收入最大化、产出最大化、患者效用或社会总效用最大化等准则,任何企业或组织应当存在一个最优规模。例如从成本角度,Posnett 认为,规模经济的效益只对小型医院床位(200 张以下)有意义;治疗急性病医院的最佳床位规模为 200~400 张,高于 400~600 张,平均成本增加。^[6]当然,也有研究发现了规模经济的证据,认为能达到最优产出的医院床位数为 150~900 张不等,而有些研究没有发现规模经济效应或规模经济效应较弱。^[7]总之,医院的床位规模无限制的扩张,都是规模不经济的。

当前,在我国坚持医院的“适度规模”已经成为共识,但是大型综合医院仍然在扩大规模。这就有必要提出一个理论模型,并去验证医院设计其床位规模大小的思路。因为在短期内,每一家医院的床位都有一个最优的规模。本文旨在研究医院如何设计床位规模,并从中发现问题,为医疗资源的合理配置提出政策建议,进而引导医院“适度规模”发展。

本文试图从医院门(急)诊病人流量出发发现规律。根据医院成本最小化的准则找出医院的最优床位规模。从“医院门(急)诊病人流量是一个泊松过程(Poisson Process)^①”这个基本假设出发,认为通过病人流量的多少,可以推算出住院病人数量,再根据住院病人的平均住院天数估算出医院需要的最优床位数量,同时通过实际数据来分析和检验提出理论模型的适用性。

1 理论模型设计

1.1 基本假设及其相关命题

假设 1:在一定时间 T 范围内,当 $t \in (0, T)$,医院的门诊、急诊病人的流量 $N(t)$ 服从强度(参数)为 λ 的泊松过程,即有

$$P\{N(t) = k\} = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, (t > 0, \lambda > 0, k = 0, 1, 2, \dots)$$

假设 2:在一定时间 T 范围内,医院住院病人的数量是由门、急诊病人数量决定的。假定门诊或急诊病人以 $q(0 \leq q \leq 1)$ 概率转为住院病人,这种转移可能是立即转移也可能有一定的延迟,长时间来看这种顺延转移有一定稳定性,所以统一假定门诊或急诊病人,统一以 $q(0 \leq q \leq 1)$ 概率立即转为住院病人。显然,当 $t \in (0, T)$,若住院病人的流量为 $X(t)$,则根据假设 1 知 $X(t) = 0, 1, 2, \dots$ 。

假设 3:不存在诱导需求,即表明病人住院可能性的概率为 q 是客观的,不存在人为因素诱导病人去住院。本假设是为了简化模型,所作的非必要的假设。

假设 4:在一定时间 T 范围内,当 $t \in (0, T)$,病人的住院天数 $Y_i (i = 1, 2, \dots, X(t))$ 相互独立同分布,且 Y 的期望值 EY 存在。

假设 5:病床的使用率为 100%,几乎不存在病床的空置。本假设也是为了简化模型,所作的非必要的假设。当然,由于中国一些大型综合医院人满为患,住院出现了排队现象,事实上病床使用率接近甚至超过了 100%。

根据以上假设得出以下命题结论:

命题 1:在一定时间 T 范围内,当 $t \in (0, T)$,住院病人的流量 $X(t)$ 服从强度为 λq 的泊松过程。

证明:

因为病人住院可能性的概率为 q ,那么其不住院的概率就为 $1 - q$ 。很容易知道,在病人的数量 $N(t)$ 的条件下住院病人数量 $X(t)$ 的分布律为:

$$P\{X(t) = k | N(t) = n\} = C_n^k q^k (1 - q)^{n-k}, (0 \leq k \leq n) \quad (1)$$

由(1)式可以看出,在病人数量 $N(t)$ 的条件下住院病人数量 $X(t)$ 的分布律,显然是一个二项分布。所以,结合(1)式并根据全概率公式得出:

$$\begin{aligned} P\{X(t) = k\} &= \sum_{n=k}^{\infty} P\{N(t) = n\} P\{X(t) = k | N(t) = n\} \\ &= \sum_{n=k}^{\infty} \frac{(\lambda t)^n}{n!} C_n^k q^k (1 - q)^{n-k} \end{aligned}$$

① 泊松过程是随机过程的一种,是以事件发生的时间来定义的。

$$= \frac{(\lambda qt)^n}{k!} e^{-\lambda qt}, (k=0,1,2,\dots) \quad (2)$$

这就证明了命题 1。

命题 2:在一定时间 T 范围内,当 $t \in (0, T)$,病人 i 的住院天数 $Y_i (i=1,2,\dots,X(t))$,若记作 $Z(t) = \sum_{i=1}^{X(t)} Y_i$ 为复合泊松过程^[8-9],则有, $E[Z(t)] = \lambda qtE(Y)$ 。

证明:

利用特征函数来证明,记 Y_i 的特征函数 $\varphi_{Y_i}(u) = E(e^{jY_i u})$, (其中, $j^2 = -1$)。那么,病人住院天数样本总体 Y 的特征函数 $\varphi_Y(u) = \varphi_{Y_i}(u) = E(e^{jY_i u})$ 。

根据特征函数的性质,显然有 $\varphi_Y(0) = 1$ (3)

$$(-j)^k \varphi_Y^{(k)}(0) = E(Y^k), k=1,2,\dots \quad (4)$$

其中, $E(Y^k)$ 表示 Y 的 k 阶矩,或 Y^k 的期望值。

故结合(3)式与(4)式,可以计算 $Z(t)$ 的特征函数 $\varphi_{Z(t)}$,且有:

$$\begin{aligned} \varphi_{Z(t)}(u) &= E(e^{jZ(t)u}) = E[\exp(ju \sum_{i=1}^{X(t)} Y_i)] \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} P[X(t) = k] \cdot E[\exp(ju \sum_{i=1}^k Y_i)] \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} P[X(t) = k] \cdot \varphi_Y(u)^k \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\lambda qt)^k}{k!} \cdot [\varphi_Y(u)]^k e^{-\lambda qt} \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{[\lambda qt \varphi_Y(u)]^k}{k!} \exp[-\lambda qt \varphi_Y(u) + \lambda qt \varphi_Y(u) - \lambda qt] \\ &= \exp\{\lambda qt [\varphi_Y(u) - 1]\} \end{aligned} \quad (5)$$

所以参照(3)、(4)和(5)式,再根据特征函数的性质很容易得出:

$$E[Z(t)] = (-j) \varphi_{Z(t)}'(u) |_{u=0} = \lambda qtE(Y) \quad (6)$$

因此,命题 2 得证。

为研究的需要,要确定一天需要多少床位来满足住院病人的需求,设定 $t=1$,即只考虑一天之内的门诊病人流量。因此,根据以上假设及命题 1、命题 2,很容易得出命题 3、命题 4 以及命题 5:

命题 3:在一天时间内,医院的病人数 $N(1)$ 服从参数为 λ 的泊松分布,即

$$P(N(1) = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}, (k=0,1,2,\dots)$$

命题 4:在一天时间内,住院病人的流量 $X(1)$ 服从参数为 λq 的泊松分布,即

$$P\{X(1) = k\} = \frac{(\lambda q)^k}{k!} e^{-\lambda q}, (k=0,1,2,\dots,N(1))$$

命题 5:在一天时间内,住院病人 i 的住院天数 $Y_i (i=1,2,\dots,X(t))$,若记作 $Z(1) = \sum_{i=1}^{X(1)} Y_i$ 为复合泊松过程,则有 $E[X(1)] = \lambda qE(Y)$ 。

1.2 损失成本最小化

如果住院病人的需求较多而医院的床位供不应求,住院病人则会转到其它医院,这会给医院带来损失,所以西方国家在 20 世纪后半叶,就出现许多医院床位空置的现象,这是为了防止过多需求可能带来的损失,这就意味着如果需求超出了服务能力,那么超额需求就得不到服务,所以一些特定的行业总是要保持充分大的服务能力,以保证高于随机需求。^[10]另外,如果住院病人相对较少,而医院提供了过多的床位数量,将会增加医院的不合理运营成本,也会给医院带来损失。20 世纪后期,西方一些文章对医院床位空置产生的成本进行了测算。^[10-13]

因此,需要引入一个衡量机会成本与空置成本的损失函数 L 估算最优床位规模 Z^* 。假设医院有关床位使用涉及了这两类成本:(a)床位相对不足的机会成本;(b)床位相对过多产生的空置成本。

一天内需要的床位数 $Z(1)$ 是个随机变量,假设 Z^* 为最优床位数。因此 L 的大小由绝对值 $|Z^* - Z(1)|$ 的大小决定,通过简化的处理,设定损失函数 $L = A[Z^* - Z(1)]^2, (A > 0)$ 。

所以损失函数的期望为,

$$\begin{aligned} E(L) &= AE[Z^* - Z(1)]^2 = AE[Z^{*2} - 2Z^*Z(1) + Z^2(1)] \\ &= A\{Z^{*2} - 2Z^*E[Z(1)] + E[Z^2(1)]\} \end{aligned} \quad (7)$$

根据(7)式,为了使得 $E(L)$ 最小,由 $E(L)$ 的一阶条件,则有 $Z^* = E[Z(1)]$ 。根据命题 5 知, $Z^* = E[Z(1)] = \lambda qE(Y)$ 。因此,基于医院的病人流量来估算最优床位规模,可以通过 λ, q 和 $E(Y)$ 的估计值进行计算。

2 理论模型的估计及检验

2.1 模型参数的估计方法

根据数量统计相关知识,很容易得出以下方法:强度的估计 $\hat{\lambda} = \sum_i^T Y_i / T$ (8)

$\hat{\lambda}$ 可以看作平均每天病人总数。转为住院病人的概率估计 $\hat{q} = \frac{\text{住院病人数量}}{\text{门急诊病人数量}}$ (9)

(续)

\hat{q} 可以看作是住院病人的数量占门、急诊病人数量的比例。

$$E(Y) \text{ 的估计 } E(Y) = \bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Y_i \quad (10)$$

\bar{Y} 表示住院病人的平均住院天数。因此, 估算床位数为 $\hat{N} = E[Z(1)] = \hat{\lambda} \cdot \hat{q} \cdot E(Y)$ 。 (11)

2.2 估算结果

基于深圳市和杭州市 66 家医院的抽查结果, 根据实际床位数量, 利用(8)和(11)式的结果进行床位估算测试, 以实际床位规模大小, 由低向高进行编号(表 1)。

表 1 实际床位数与估算床位数对照表

医院编号	实际床位数(N)	估算床位数(\hat{N})	实际与估算差(D = N - \hat{N})
1	22	14	8
2	40	31	9
3	40	25	15
4	59	53	6
5	70	64	6
6	70	46	24
7	82	50	32
8	86	22	64
9	91	76	15
10	100	82	18
11	100	73	27
12	101	109	-8
13	103	64	39
14	104	101	3
15	150	175	-25
16	170	104	66
17	176	109	67
18	183	140	43
19	187	166	21
20	195	118	77
21	200	136	64
22	200	175	25
23	225	212	13
24	230	253	-23
25	232	198	34
26	250	194	56
27	310	300	10
28	320	258	62
29	320	222	98
30	346	267	79
31	400	514	-114
32	400	321	79
33	406	358	48
34	430	386	44
35	436	337	99
36	457	352	105
37	500	408	92

医院编号	实际床位数(N)	估算床位数(\hat{N})	实际与估算差(D = N - \hat{N})
38	500	500	0
39	500	427	73
40	515	462	53
41	549	569	-20
42	600	375	225
43	600	429	171
44	612	515	97
45	648	564	84
46	660	488	172
47	700	590	110
48	725	650	75
49	734	552	182
50	800	831	-31
51	800	705	95
52	800	802	-2
53	800	878	-78
54	842	784	58
55	842	813	29
56	900	985	-85
57	910	938	-28
58	930	976	-46
59	986	1093	-107
60	987	1024	-37
61	1 050	975	75
62	1 100	1 094	6
63	1 157	1 358	-201
64	1 220	1 220	0
65	1 835	1 711	124
66	1 984	1 918	66

根据表 1 的数据, 构造 66 家医院的实际床位数与估算床位数的对照图(图 1)。由图 1 可以看出, 估算的床位数与实际床位数相差不大, 直观上看拟合程度良好。

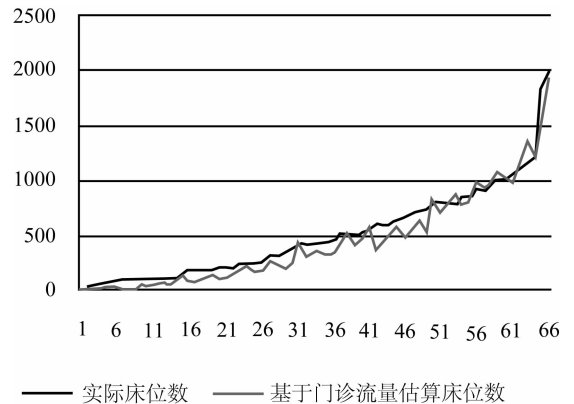


图 1 实际床位数与估算床位数拟合曲线

2.3 估算结果的假设检验

显然由图 1 所示,实际数据与估算值拟合良好,但要判断实际床位数与估算床位数之间是否存在显著性差异,需要进行假设检验。假定实际床位数量与估算床位数量的差 D 是随机波动的,且假定 $D \sim N(\mu, \sigma^2)$ 的正态分布。由于认为 D 是大样本的正态总体,且 μ, σ^2 未知,故采用 t 检验法,取显著性水平 $\alpha = 0.05$,进行双边假设检验^[14]:

$$H_0: D = 0; \quad H_1: D \neq 0$$

故选取统计量 $T = \frac{|\bar{D}|}{S/\sqrt{n}}$, (其中 S 为样本标准

差, $n = 66$), 很容易知道 T 服从 $t(65)$ 分布。

根据表 1 数据计算知: $n = 66, S = 285.59937, \bar{D} = 35.424242$ 。由于 $t = 1.00766 < t_{\frac{\alpha}{2}}(65) = 1.997$, 故接受原假设 H_0 。由此说明,我国的医院基本上是以病人流量的大小来安排病床数量的,而且许多大型综合医院基本上没有闲置的病床。所以,如果医疗资源不合理分配、大型综合医院的病人流量过大等问题得不到有效解决,控制医院规模本身就是一个伪命题。

3 结论与政策含义

通过分析、论证及检验,表明我国医院设计床位与上述模型相吻合。当然,利用本文构造的模型所计算出来医院的最优床位规模,是基于病人的流量、医院成本最小化得出的,而不是病人效用最大化的床位规模,也不是社会效益或效用最大化的规模。但这个模型本身说明,中国大型综合医院所面临的实际问题——门(急)诊病人流量过大。另外,根据卫生部 2008 年 12 月 1 日起实施的《综合医院建设标准》第十二条规定,综合医院的日门(急)诊量与编制床位的比值宜为 3:1,也可按本地区相同规模医院前三年日门(急)诊量统计的平均数确定。如果按照 3:1 的标准计算,几乎所有大医院的床位都不够用,因为它们门(急)量过大,按照这个标准还需要更多的床位;如果按前三年日门(急)诊量统计的平均数计算,这就与本文的研究结果基本一致,同样要求医院随着门(急)诊量的增大而扩张医院的床位。

因此,通过分析得出大型公立医院床位扩张的

直接原因是医院病人流量过多;也就是说,到同一家医院看病的病人非常多,就会导致或要求该医院扩大规模、增加床位数量。医院基本上是根据病人的流量强度设计最优床位规模。坚持综合医院的“适度规模”发展,控制综合医院的床位规模,首先就要调节综合医院的病人流量强度,这也说明要控制医院规模的扩张,必须要做好引导病人合理分流工作。

现实情况是大型综合医院人满为患,小医院和民营医院基本上无人问津。所以,要控制大型综合医院的床位规模,合理引导各医院病人流量,就要明确导致综合医院的病人流量过分集中的原因,从根本上解决综合医院病人流量过大问题。这可能涉及许多相关问题:大型综合医院集中了过多的医疗资源;小医院和偏远地区医院基本设施、医疗队伍素质、技术水平跟不上;医院之间的转诊、分流机制不健全;患者对大医院过于依赖,普遍认为大医院才能治好病,无论大病小病都去大医院治疗。

坚持医院“适度规模”的前提是要控制门(急)诊患者流量,而控制门(急)诊患者流量的前提,是要对患者进行合理分流。片面性的、直接的或盲目的控制医院床位规模,不仅不能从根本上解决问题,而且违背科学发展规律,可能导致住院患者排队时间延长,导致资源配置效率低的现象更加严重,加剧患者“看病难”问题。所以,解决大型综合医院规模过大问题,首先,在宏观层面上,相关卫生管理部门应进行合理的区域卫生规划,加强多元化办医,加强对基本医疗服务机构的基本设施建设的投入比重,促进注册医师等优秀人才资源在不同层次医疗机构的合理流动,促使其他医疗资源的合理分配及利用。其次,在微观层面上,一方面要合理引导患者就医倾向,引导他们到合适的医疗机构就医,避免集中涌进大医院,从而提高医疗资源的利用效率;另一方面,不同层次医院之间应加强合作,真正实现大医院与基层医疗服务机构之间的“双向转诊”。总而言之,只有合理配置医疗资源,有效引导患者分流,才能让医院真正走上“适度规模”发展的道路,才能使患者真正地获取安全、有效、方便、价廉的医疗卫生服务。

参 考 文 献

[1] 王圣友. 2020 年我国医院床位资源配置预测及影响因

- 素研究[D]. 北京中医药大学, 2011.
- [2] 云从. 院长专家热议——理性看待医院规模扩张[J]. 医院管理论坛, 2005, 22(5): 26-31.
- [3] 陈学顺. 论我国大医院的适度规模发展[J]. 中国医院, 2008, 12(1): 19-21.
- [4] 宋丹, 姚蔚, 于润吉. 医院规模盲目扩张风险大[J]. 卫生经济研究, 2005(5): 30.
- [5] 毛正中, 蒋家林. 我国诱导需求的数量估计[J]. 中国卫生经济, 2006, 25(1): 65-67.
- [6] Posnett J. 未来医院越大越好吗? [J]. 英国医学杂志中文版, 2002, 5(1): 49-51.
- [7] 匡莉, 方积乾, 徐淑一. 医院规模经济与成本函数进展[J]. 国外医学: 卫生经济分册, 2005, 22(3): 111-117.
- [8] 林元烈. 应用随机过程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [9] Ross S M. Stochastic Processes [M]. 2 ed. John Wiley and Sons, 1996.
- [10] Gaynor M, Anderson G F. Uncertain demand, the structure of hospital costs, and the cost of empty hospital beds [J]. Journal of health economics, 1995, 14(3): 291-317.
- [11] Friedman B, Pauly M V. A new approach to hospital cost functions and some issues in revenue regulation [J]. Health Care Financing Review, 1983, 4(3): 105-114.
- [12] Pauly M V, Wilson P. Hospital output forecasts and the cost of empty hospital beds[J]. Health Services Research, 1986, 21(3): 403-428.
- [13] Keeler T E, Ying J S. Hospital costs and excess bed capacity: A Statistical analysis[R]. Working paper no. 93-029, Department of Economics, university of California at Berkeley, 1993.
- [14] 魏宗舒. 概率论与数理统计教程[M]. 1 版. 北京: 高等教育出版社, 1983.

[收稿日期:2012-09-17 修回日期:2012-10-18]

(编辑 刘 博)

· 信息动态 ·

卫生系统研究全球研讨会全民医保覆盖卫星会议在京举办

2012 年 10 月 30 日, 中国医学科学院卫生政策与管理研究中心和盖茨基金会及洛克菲勒基金会资助的联合学习网络(Joint Learning Network, JLN) 共同举办的“扩大医保覆盖(Cross - Learning Exchange on Expanding Health Coverage)”研讨会在北京召开。世界银行首席经济学家 Jack Langenbrunner 博士担任会议主席, 中国医学科学院卫生政策与管理研究中心代涛研究员和美国 David de Ferranti 总裁代表会议主办方分别致欢迎辞。

研讨会交流了部分亚洲国家扩大医保覆盖的经验 and 做法, 并针对各国面临的问题进行专题研讨。代涛研究员以“中国全民覆盖之路”为题做主旨报

告, 介绍了中国在推进全民覆盖过程中的改革进展与成效, 分析了面临的主要问题和挑战, 并对未来发展进行展望。会议还邀请了北京市卫生局雷海潮副局长、复旦大学社会发展与公共政策学院梁鸿教授和哈尔滨医科大学卫生管理学院吴群红教授分别从中国全民统一健康保障的未来制度改革、家庭医生制发展的现状与问题以及扩大医保覆盖对降低灾难性卫生支出的效果分析等方面做专题报告。

本次研讨会是第二届卫生系统研究全球研讨会的卫星会议, 来自中国、美国、越南、马来西亚、印度尼西亚等国家的 50 余名卫生行政部门官员和专家学者参加了会议与交流。