

眼科病床合理安排问题的模型探讨

摘要：

众所周知，医院就医排队是一个常见的生活现象。题中某医院眼科病床的安排就属于此类排队现象，如果不能进行合理的安排，就会导致医院医疗资源利用率和运行效率的降低以及增加患者的各项负担。因此有必要结合附录中给出的信息建立合理的病床安排数学模型。

本文对于问题一，建立了基于灰色关联聚类 and 粗糙集理论中求核与约简原理的病床合理安排评价指标体系的模型。确立出制定病床合理安排评价指标体系的六个原则，并考虑模型给出的评价指标来对目前该院眼科病床安排模式进行评价和讨论，得出其优缺点。

对于问题二，分析当前该科住院部的实际情况和服务规则，建立了基于 0-1 整数规划的多目标优化模型，将病人在医院的逗留时间划分为等待入院时间、入院接受手术时间和手术后康复出院时间，并考虑各阶段历史时间最短、最长两种极端情形，以各种手术类型病人的平均逗留时间达到最小为目标函数进行优化。由模型的求解结果可知每个病人最短、最长逗留时间及在各阶段的最短、最长逗留时间，从而满足根据已知的第二天拟出院病人人数，以此确定第二天应该安排哪些病人住院的要求。实证中我们选取一段时间对模型进行了分析和讨论。

对于问题三，分别建立了两个各种手术类型病人入院时间的单项预测模型（模型 5 和 6）和基于 IOWA 算子的区间组合预测模型（模型 7）。模型 5 和 6 考虑各时刻各手术类型的住院病人人数及等待入院病人人数，建立线性回归预测模型和均值方差模型，可分别得到某病人（考虑手术类型）的入院时间区间。为了分散预测的风险，根据模型 7 将模型 5 和 6 中得到的区间数据进行区间组合预测，模型 7 利用 IOWA 算子的优良性质，将各时刻的各单项预测方法的区间相对误差作为诱导值，区间中心位置误差和区间长度误差的凸组合作为准则进行区间组合预测。拟合结果分析表明该方法为优性区间组合预测，从而表明区间组合预测模型能有效提高预测精度，具有综合各个单项预测模型的有效信息。

对于问题四，在问题二建立的数学模型基础上，分析和讨论了该住院部手术安排变动对于各种手术类型病人进行手术时间的影响，从而对问题二中的模型进行相应的调整，增加一个模型约束条件。实证中我们选取一段时间进行分析，再给出医院变动手术安排带来的影响和相关讨论。

对于问题五，把病床合理安排看成由四种手术类型（外伤急诊预留床位优先安排，在此不考虑）局中人组成的 4 人合作对策，根据“谁受益、谁付费”的市场原则，这四种手术类型共同分担该眼科病床。文中应用合作对策中 Shapley 值方法，计算得出四种手术类型固定的床位分配比例。

最后，按照本文所提出的优化模型，得到题目附录中未完成的信息，结果表明，本文模型可以达到优化该眼科病床安排的目的。

关键词： 灰色聚类；粗糙集；0-1 整数规划；IOWA 算子；区间组合预测；合作对策；

一. 问题重述

在现实生活中，人们会经常遇到各类排队问题，这种现象尤其出现在医院的就医排队中，人们往往需要在医院排队接受某种医疗服务。此现象一方面反映了目前医疗资源的匮乏，另一方面透露出由于没有合理安排有限的医疗资源造成了资源浪费。所以合理的病床安排不仅能提高医院的运行效率，更能减少病人的治愈时间，提高医院的服务质量和社会功效。

现考虑某个医院眼科病床的合理安排问题。该医院现有实行固定病床位数（79 张）、全体非急诊病人按照 FCFS(First come,First serve)和急诊（外伤）病人优先治疗的规则进行病床位安排，对于入院的主要四类眼科手术：白内障（分单、双眼）、视网膜疾病、青光眼和外伤的手术时间安排上，每星期安排周一和周三进行白内障手术（外伤除外）且做双眼白内障的病人只在周一进行第一次手术并在同一星期的周三进行第二次手术，而对于病人的术前准备时间和术后的观察时间则是在现有运行机制和样本资料下进行安排。但是，在该医院当前的运行模式下出现了等待住院病人的队列越来越长的问题，因而需要从提高对该医院现有资源的有效利用率上出发，考虑建立适当的数学模型对该院当前的眼科病床安排问题进行调整和改进。

二. 问题分析

结合该医院眼科病床合理安排所提出的五个问题和相关要求，我们从以下几个方面对其进行分析和讨论：

对于问题一：针对当前该医院眼科的病床位管理安排规则和手术时间安排模式已经造成了该科室病人等待就医队列逐渐增长的情况，因而需要结合指标体系建立的原则，建立模型以得到合理的评价体系。

对于问题二：考虑该住院部当前的情况，建立合理的数学模型以对现有运营模式进行一定的调整和改进，从而达到提高利用效率，并利用问题一中所建立的评价体系对调整后的模型进行评价和对比。

对于问题三：出于病人的利益出发，对于住院时间、手术时间和治愈时间等相关信息是非常敏感的，当然希望尽早了解。所以医院有必要在病人接受门诊时即大致告知其所关心的有关信息。这样，既有利于医院合理进行安排床位，也给病人知晓有关信息以作准备。

对于问题四：现该住院部周六和周日调整为不安排手术，则相应病床位安排也应做出种相应的调整。考虑问题二中所建立的数学模型的灵敏度问题，应对实际情形的变化。

对于问题五：出于便于管理的角度，将现有的病床位（79 张）按照各类眼科病人占用病床的比例划分为 4 个部分，并考虑使得所有各类病人在系统内平均逗留时间（含待入院及住院时间）最短和出院人数最多的原则作为收益进行合作对策以得到大致固定的比例方案。这种病床安排规则简单、易操作，便于医院管理

综合上述五个问题的理解和分析，本文着重考虑对于现有病床安排运行模式的分析、评价和改进，以达到问题的合理化。同时使得医院作为一个公共服务机构，其有限的资源可以充分利用，服务效率和质量得到有效提高，且病人的各项利益得到维护。

三．若干模型假设

1. 不同时间来医院挂号的同类病人病情症状没有轻重之分，即不考虑病情轻重；异类病人（外伤急诊不考虑）之间没有病种之间的相对优先关系。
2. 由于外伤急诊均值数量较少，建模的时候不考虑外伤急诊对模型的影响；
3. 不考虑医生因工作时间加长、精力变化和病种选择产生的影响手术质量因素，不考虑病床在病人进出院维护和保洁时间；
4. 医院确立的运作原则是更好的服务病人，而非追求相应的经济利润。

四．模型符号说明

1. $j = \begin{cases} 1, & \text{白内障（单）} \\ 2, & \text{白内障（双）} \\ 3, & \text{视网膜疾病} \\ 4, & \text{青光眼} \end{cases} ;$
2. $t_i^{(j)}$ -- 第 i 个人 (患第 j 种病) 接受门诊的时间；
3. $d_1^{(j)}$ -- 第 j 种病样本数据最小等待入院的天数；
4. $D_1^{(j)}$ -- 第 j 种病样本数据最大等待入院的天数；
5. $d_2^{(j)}$ -- 第 j 种病样本数据最小等待手术的天数；
6. $D_2^{(j)}$ -- 第 j 种病样本数据最大等待手术的天数；
7. $d_3^{(j)}$ -- 第 j 种病样本数据最小术后康复的天数；
8. $D_3^{(j)}$ -- 第 j 种病样本数据最大术后康复的天数；
9. $x_t = \begin{cases} 0, & t \text{时刻病患不入院/不进行手术/不出院} \\ 1, & t \text{时刻病患入院/进行手术/出院} \end{cases} ;$
10. t' -- 样本考察终止日期；
11. $\Delta t(t_i^{(j)}, t')$ -- $t_i^{(j)}$ 到 t' 的日历天数；
12. $I = \{i \mid d_1^{(j)} + d_2^{(j)} + d_3^{(j)} \leq \Delta t(t_i^{(j)}, t')\}$ -- 第 i 个病人在考察期内考虑等待时间最短的情形下（包括终止日当日）能够出院的集合；
13. $I' = \{i \mid D_1^{(j)} + D_2^{(j)} + D_3^{(j)} \leq \Delta t(t_i^{(j)}, t')\}$ -- 第 i 个病人在考察期内考虑等待时间最长的情形下（包括终止日当日）能够出院的集合；
14. $\|I\|$ -- 集合 I 的元素个数（即考察期满的出院总人数）；

15. $\|I'\|$ --集合 I' 的元素个数（即考察期满的出院总人数）；

16. J --考察期内星期一和星期三的集合；

17. J' --考察期内星期五和星期六的集合；

五.模型的建立与求解

5.1 合理的眼科病床安排评价指标体系的建立

5.1.1 合理的病床安排评价指标体系的确立原则

医院病床的合理安排牵涉到社会医疗资源的有效利用和医疗关系的整体协调、病患者的诊断和治愈时间、医院管理水平和医疗技术水平、医务工作人员的工作效率和服务质量以及医院的经济社会效益等因素。病床得到合理的安排直接影响到医院资源的有效发挥和各项医疗流程的进行。历史经验和实际理论均可说明医院病床的合理安排是一个涉及到众多影响因素且因素相互作用的综合性问题，这就需要有关部门建立一个评价病床合理安排评价指标体系的确立原则，使得依据这些科学、有效、合理的原则确定出所需的评价指标体系。

我们通过查阅资料进行综合分析，提出如下评价医院病床合理安排评价体系的确立原则：

(1)完备性原则。

医院病床安排现象的复杂性决定了评价指标体系的多因素、多层次性。要对医院病床安排的各方面进行不同层次的全方位评价，不能以偏代全、以局部代替整体，同时还要抓主流、抓本质。

(2)不相容性原则。

选取指标时，要求指标之间互不相容，也就是指标之间存在某种对立和矛盾，具有排斥相离属性。

(3)目的性原则。

评价指标体系的设计要依据指标研究的目的，从评价的内容来看，该指标确实能反映有关内容，决不能将与评价对象、评价内容无关的指标选进来。指标选择就应看指标与评价体系“目的”的关系，如果指标能最大限度地实现评价体系的目的，它就是关键指标，否则就不是。

(4)代表性原则。

指标选取的代表性要求所选取的指标能够反映整体的实际特点。指标的评价结果和整体的真实情况差异越小就越能具有代表性。

(5)实用性原则。

方案制定中指标体系的确定、指标标准的确定以及指标的采集、数据的加工处理、综合分析判断应该是适用可行，简便易操作的。

(6)可考核性原则。

病床评价指标应当具备可衡量性，应当有明确可行的考核方法和考核标准。选取的标准必须满足可考核性的要求，才能在指标体系建立之后有一个客观的测评依据。

5.1.2 合理的病床安排评价指标体系的模型建立

对复杂系统进行分析与评价通常是依靠系统的一些要素（指标）进行的，但指标的选取在复杂系统的研究中是一个关键问题，也是一个不易解决的难点问题：指标太少会信息量不足而影响分析与评价结果；指标太多则会出现大量的冗

余信息，增加了分析、计算得难度。协同学中指出：在系统的发展过程中，系统的有序结构是由少数几个参量来描述的，所有的子系统都受着少数几个变量的支配。由此我们会想到，在分析系统的演化时是否也能找到起到“序参量”作用的几个指标。这要求我们要有一种方法能够从大量的指标中消除冗余指标，选出能够反映系统演化状况的尽量少的指标。

在评价指标的筛选中 Delphi 法经常被提到。这是一种向专家发函、征求意见的调研方法。即评价者在所设计的调查表中列出一系列评价指标，分别征询专家的意见，然后进行统计处理，并向专家反馈结果，经过几轮咨询后，专家的意见趋于统一，从而确定出具体的评价指标体系。这种方法的缺点是缺乏客观标准，有一定的主观片面性。

本文利用灰色聚类 and 粗糙集理论中的求核与约简方法来选取问题一中的评价指标。

模型 1：基于灰色关联度与灰关联聚类分析的指标选取

对有 n 个要素（指标） x_j ，每个要素有 m 个特征数据的系统，其指标可表示为

$$x_j^0(k) = \{x_j^0(1), x_j^0(2), \dots, x_j^0(m)\}, j = 1, 2, \dots, n, k = 1, 2, \dots, m. \quad (1)$$

为消除不同指标的量纲，使各数据间具有可比性，对原始数据采用归一化处理，其方法有初值化、均值化、中值化和区间化等。在这里我们采用初值化方法，该方法理解简单、容易操作，对(1)做初值化处理，有

$$x_j(k) = \left\{ \frac{x_j^0(1)}{x_j^0(1)}, \frac{x_j^0(2)}{x_j^0(1)}, \dots, \frac{x_j^0(m)}{x_j^0(1)} \right\}, j = 1, 2, \dots, n, k = 1, 2, \dots, m. \quad (2)$$

计算 x_i 、 x_j 间的关联系数 $z_{ij}(k) (i \neq j)$ ：

$$z_{ij}(k) = \frac{\min_j \min_k |x_i(k) - x_j(k)| + r \max_j \max_k |x_i(k) - x_j(k)|}{|x_i(k) - x_j(k)| + r \max_j \max_k |x_i(k) - x_j(k)|} \quad (3)$$

其中： $\min_j \min_k |x_i(k) - x_j(k)|$ 为两指标的最小绝对差值； $\max_j \max_k |x_i(k) - x_j(k)|$ 为两指标的最大绝对差值， $j = 1, 2, \dots, n, k = 1, 2, \dots, m$ ， r 为分辨系数，其作用在于提高关联系数之间的差异显著性，一般情况下取 $r \in (0.1, 1)$ 。

当我们得到了关联系数后，由于其数据多，信息分散而不利于比较，为此我们将各时刻的关联系数求平均值，将信息集中比较。若把关联度记为 r_{ij} ，则记为

$$r_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m z_{ij}(k) \quad (4)$$

其中 r_{ij} 为两指标 x_i 、 x_j 的关联度； m 为数列的长度，即数据个数。

计算 x_i 两两之间的关联度，则得到对称的指标关联度矩阵：

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nn} \end{pmatrix} \quad (5)$$

其中 $r_{ij} = 1$ 、 $r_{ij} = r_{ji}$ 、 $i, j = 1, 2, \dots, n$ 。在实践中一般取一临界值 r (一般要求 $r > 0.5$)，

当 $r_{ij} > r$ 时，则将 x_i 和 x_j 归为一类。由于每类指标都反映了系统的一个方面，所以在筛选指标时要保证指标体系中至少要包含每类聚类中的一个指标。

根据上面的聚类方法对病床安排评价指标进行聚类分析，在开始选取指标时，首先考虑的是信息的完备性，一般要选择尽量多的指标来进行筛选出具有重要关系的指标。初步选取指标如下表：

表 1							
周数	入院时 间 (天)	手术时 间 (天)	逗留时 间(天)	病床周转 次数	出院数	入院数	病床使 用率
1	760	33	5	0.012658	1	5	1
2	669	163	36	0.050633	4	20	1
3	578	613	182	0.240506	19	67	1
4	730	640	168	0.734177	58	69	1
5	646	518	131	0.670886	53	53	1
6	292	532	145	0.721519	57	57	1
7	59	559	156	0.810127	64	64	1
8	4	69	25	0.683544	54	54	1

注：上述数据以一周时间为单位进行统计

首先归一化处理原始数据，消除不同指标的量纲，使各指标间具有可比性，并剔除病床使用率这一指标。

入院时间 x1	手术时间 x2	逗留时 间 x3	病床周转次 数 x4	出院数 x5	入院数 x6
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.26	1.04	0.92	1.02	1.02	1.03
1.12	0.85	0.72	0.93	0.93	0.79
1.17	0.87	0.80	1.00	1.00	0.85
1.16	0.91	0.86	1.12	1.12	0.96
1.21	0.88	0.86	1.02	1.02	0.81

利用灰关联度方法对表 1 数据进行分析（取 $r = 0.5$ ），得到两两指标间的关联度如表 2：

表 2						
	1	2	3	4	5	6
1	1.0000	0.8355	0.7893	0.6189	0.6830	0.7430

2	0.8355	1.0000	0.8024	0.6855	0.8203	0.8150
3	0.7893	0.8024	1.0000	0.6679	0.6745	0.8290
4	0.6186	0.6855	0.6679	1.0000	0.6097	0.7131
5	0.6830	0.8203	0.6745	0.6097	1.0000	0.5998
6	0.7430	0.8150	0.8290	0.7131	0.5998	1.0000

根据表 2 对指标聚类，可以根据实际要求对 r 取不同的值，取 $r=0.7$ 得到一个指标的聚类为： $\{x_1\}, \{x_2\}, \{x_3\}, \{x_4, x_5, x_6\}$

模型 2：基于粗糙集理论系简化方法

粗糙集（RS）理论是波兰科学家 Pawlak 在 1982 年提出的一种数学理论，主要用于数据分析，该理论提出的核、约简和上下近似等概念提供了从系统中分析多余属性的方法，利用粗糙集理论中的核与约简可以对复杂系统的指标进行筛选，达到简化指标体系的目的。

对于系统 S 中，其指标体系为 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ，每个指标有 m 个数据。若将表示成指标两两之间关联度表形式，则系统的信息矩阵可用一个 $m \times n$ 矩阵 X 来表示。

$$X = \begin{matrix} & \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \\ \dots \\ u_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (6)$$

给出粗糙集理论中的有关定义：

- (1) 若 $u_i \neq u_j$ ，则称 u_i 和 u_j 是在 X 下可分辨的。
- (2) 若 X 中的 u_i 都是两两可分辨的，则称 S 是在 X 下可分辨的，记作 $\text{ind}(X)$ 。
- (3) 若去掉 X 中的某个指标 x_i 后， S 仍是可分辨的： $\text{ind}(X - x_i) = \text{ind}(X)$ ，则称 x_i 是 X 中可约简的。
- (4) 若 X 中的任意指标都是不可约简的，则称 X 为独立的（ X 独立说明 X 中的任意一个指标对系统来说都是不能缺少的）。
- (5) 对指标 X 的任意子集 $A \subseteq X$ ，若满足 $\text{ind}(A) = \text{ind}(X)$ 且 A 是独立的，则称 A 是 X 的一个最小子集： $\text{MIN}(X)$ (X 的最小子集不一定是唯一的)。
- (6) X 中所有最小子集的交集 X_e 称为 X 的核 $X_e = \bigcap_{i=1}^k \min_i(X)$ ， k 为所有最小子集数。

X_e 中的指标是描述系统必不可少的，求 X_e 一般是基于分辨矩阵的方法，分辨矩阵 D 的建立是其中的关键，对于系统 S 的指标体系 X ，其分辨矩阵 D 是一个由 X 的子集构成的 m 阶方阵：

$$D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mm} \end{pmatrix}$$

$$\text{其中 } d_{ij} = \begin{cases} 0 & x_{ik} = x_{jk} \\ x_k & x_{ik} \neq x_{jk} \end{cases}, j, k = 1, 2, 3, \dots, m$$

由以上定义看出，D 是一个主对角线为 0 的 m 阶方阵。

根据上述方法利用 MATLAB 软件对数据进行标准离散化与求核处理，得到

$$X_e = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_6\}$$

若在 Xc 中的指标 x_i 与 x_j 间具有关系：

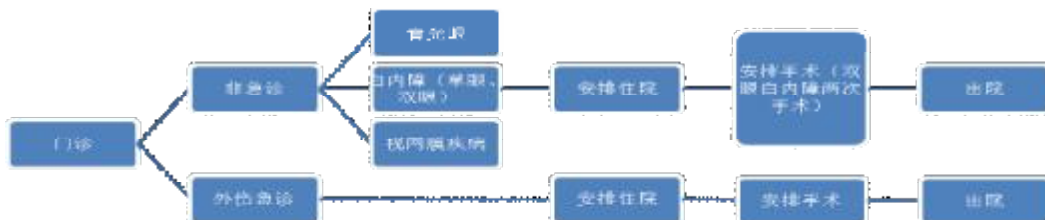
$$x_i = kx_j (k \neq 0) \quad (7)$$

或者两者之间的关联系数 $r(x_i, x_j) > \partial$ (∂ 为评价系数所需要的阈值)

则可以去掉一个指标或用其中一个指标代替另一个指标，这样可以对 Xc 进一步简化，结合前面指标灰色聚类约束，我们确定的系统核心指标为：

$$I = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$$

5.1.3 目前病床安排模型的优劣



通常我们对一个医院的评价不仅仅局限于该医院对疾病的治愈率和服务态度，对一个医院的综合评价还应该包括病人等待时间、病床使用率和病床周转次数等。下面我们就从这些角度利用样本数据对医院现有的病床安排方案做出综合的合理的评价。

一．从各种病人在就医的不同阶段所需的时间考虑：

表 3

	等待就医时间			手术准备时间			留院康复时间		
	最短时间	最长时间	平均时间	最短时间	最长时间	平均时间	最短时间	最长时间	平均时间
白内障单眼	10	16	13	1	5	2	14	23	18

白内障 双眼	10	14	13	1	7	4	15	26	21
青光眼	10	15	12	2	3	2	16	29	23
视网 膜疾 病	10	15	13	19	3	2	19	31	25
外伤	1	1	1	1	1	1	5	12	8

从表 1，我们可以清晰地看到每种病人在手术准备时间（包括最大、最小、平均）和留院康复时间均符合标准，但核心指标等待就医时间过长，这样延误病人的最佳治疗时间，而优秀的安排方案是能够缩短病人等待入院时间，从而提高服务质量和运作效率，所以，在这一点上存在缺陷。

二.从病人各周进、出院数考虑：

表 4

	第 一 周	第 二 周	第 三 周	第 四 周	第 五 周	第 六 周	第 七 周	第 八 周	第 九 周
进 院 人 数	5	20	67	69	53	57	64	54	39
出 院 人 数	1	4	19	58	53	57	64	54	39

（由于数据表中前半部分的数据缺少，我们从第四周算起是行之有效的）
从表 3、4 我们可以计算出该眼科住院部的病床使用率和病床周转次数

（1）病床使用率

目前的病床安排模型当达到平衡时：

$$\text{病床使用率} = \frac{\text{实际占用床日数}}{\text{实际开放总床日数}} \times 100\%$$

始终维持在 100%，虽然从某种角度说百分之百的病床使用率能减少病人等待治疗和在医院逗留时间，但合理的病床安排方案要求病床的使用率保持在 85%~93%之间，所以目前的病床安排模型在病床使用率方面存在一定缺陷。

（2）病床周转次数

对所给表格，我们去除首位不完整数据后可得出该医院的

$$\text{病床周转次} = \frac{\text{出院人数}}{\text{平均开放病床数}}$$

大约为 36.96/年，此项指标要高于三级甲等医院的标准（17-20/年）。

所以，在我们建立的病床安排模型中要保留原模型的优点弥补原模型的缺陷。

5.2 合理的眼科病床安排模型的建立

由问题一中当前医院病床安排的运行模式可知，等待住院病人的队列在不断

增加，这给医院的医疗服务带来很大的负担，对病人来说治疗、治愈的周期也相应变长。所以我们有必要对现有病床安排进行调整和改进，以提高有限医疗资源的利用率。结合目前该眼科住院部的实际情况，我们建立如下病床安排模型并利用问题一中的指标评价体系作出评价。

5.2.1 基于 0-1 整数规划的多目标眼科病床安排模型建立

我们考虑附录中给出的历史样本（2008-7-13 至 2008-9-11 共 349 人）得到各类手术最短（长）入院时间、最短（长）等待手术时间和最短（长）术后出院时间。病人 i （属于第 j 种手术）到达该眼科进行门诊时的时间为 $t_i^{(j)}$ ，则我们最差要求此病人在 $t_i^{(j)}$ 至最长入院时间间隔内可以得到入院，在 $t_i^{(j)}$ 至最长手术时间间隔内可以进行手术，在 $t_i^{(j)}$ 至最长术后出院时间间隔内可以出院并且入院、手术、术后出院一定都在这三个时间间隔内的某一天发生；最好情形下此病人在 $t_i^{(j)}$ 至最短入院时间间隔内可以得到入院，在 $t_i^{(j)}$ 至最短手术时间间隔内可以进行手术，在 $t_i^{(j)}$ 至最短术后出院时间间隔内可以出院并且入院、手术、术后出院一定都在这三个时间间隔内的某一天发生。这就符合 0-1 整数规划的要求。我们以历史数据中平均入院时间、平均手术时间和平均术后出院时间作为目标函数，以样

本考察期内的病床周转次数（ $= \frac{\text{出院人数}}{\text{平均开放床位数}}$ ）满足三甲医院医疗标准

（17-20/年），结合该眼科手术安排限制（周一、周三只做白内障手术且不安排其他非急诊手术）为约束条件，得到平均逗留时间最短和最长的两个 0-1 整数目标规划模型：

模型 3：平均逗留时间最短情形

$$\begin{aligned} \min & \frac{1}{349} \sum_{i=1}^{349} \left[\left(1 \cdot x_{t_i^{(j)}+1} + 2 \cdot x_{t_i^{(j)}+2} + \cdots + d_1^{(j)} \cdot x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}} \right) + \left(1 \cdot x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+1} + 2 \cdot x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+2} + \cdots + d_1^{(j)} \cdot x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}} \right) \right. \\ & \quad \left. + \left(1 \cdot x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}+1} + 2 \cdot x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}+2} + \cdots + d_1^{(j)} \cdot x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}+d_3^{(j)}} \right) \right] \\ s.t. & \begin{cases} x_{t_i^{(j)}+1} + x_{t_i^{(j)}+2} + \cdots + x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}} = 1; \\ x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+1} + x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+2} + \cdots + x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}} = 1; \\ x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}+1} + x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}+2} + \cdots + x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}+d_3^{(j)}} = 1; \\ 17 \cdot \frac{2}{12} \leq \frac{\|I\|}{79} \leq 20 \cdot \frac{2}{12} \\ x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}} = 1, j \in \{1, 2\}, t_i^{(j)} + d_1^{(j)} + d_2^{(j)} \in J; \\ x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}} = 0, j \in \{3, 4\}, t_i^{(j)} + d_1^{(j)} + d_2^{(j)} \in J; \end{cases} \end{aligned}$$

模型 4：平均逗留时间最长情形

$$\begin{aligned}
\min & \frac{1}{349} \sum_{i=1}^{349} \left[\left(1 \cdot x_{t_i^{(j)}+1} + 2 \cdot x_{t_i^{(j)}+2} + \cdots + D_1^{(j)} \cdot x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}} \right) + \left(1 \cdot x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+1} + 2 \cdot x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+2} + \cdots + d_1^{(j)} \cdot x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}} \right) \right. \\
& \quad \left. + \left(1 \cdot x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}+1} + 2 \cdot x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}+2} + \cdots + d_1^{(j)} \cdot x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}+D_3^{(j)}} \right) \right] \\
s.t. & \begin{cases} x_{t_i^{(j)}+1} + x_{t_i^{(j)}+2} + \cdots + x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}} = 1; \\ x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+1} + x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+2} + \cdots + x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}} = 1; \\ x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}+1} + x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}+2} + \cdots + x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}+D_3^{(j)}} = 1; \\ 17 \cdot \frac{2}{12} \leq \frac{\|I\|}{79} \leq 20 \cdot \frac{2}{12} \\ x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}} = 1, j \in \{1, 2\}, t_i^{(j)} + D_1^{(j)} + D_2^{(j)} \in J; \\ x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}} = 0, j \in \{3, 4\}, t_i^{(j)} + D_1^{(j)} + D_2^{(j)} \in J; \end{cases}
\end{aligned}$$

模型 3 和模型 4 可通过搜索算法（如枚举法）或相关软件（如 Matlab7.0）进行求解。

5.2.2 基于 0-1 整数规划的眼科病床安排模型实证分析

本文截取某段样本数据应用 MATLAB7.0 工具箱进行实证分析, 选取的现有床位安排方案和本模型优化后的床位安排方案进行对比如下表所示:

表 5 现有的床位安排方案

序号	类型	门诊时间	入院时间	第一次手术时间	第二次手术时间	出院时间
1	白内障 (双眼)	2008-8-7	2008-8-21	2008-8-25	2008-8-27	2008-8-30
2	外伤	2008-8-7	2008-8-8	2008-8-9	/	2008-8-12
3	青光眼	2008-8-7	2008-8-22	2008-8-24	/	2008-9-5
4	视网膜 疾病	2008-8-8	2008-8-22	2008-8-24	/	2008-9-2
5	外伤	2008-8-8	2008-8-9	2008-8-10	/	2008-8-14
6	视网膜 疾病	2008-8-8	2008-8-22	2008-8-24	/	2008-9-7

表 6 优化后的床位安排方案

序号	类型	门诊时间	入院时间	第一次手术时间	第二次手术时间	出院时间
1	白内障 (双眼)	2008-8-7	2008-8-22	2008-8-25	2008-8-27	2008-8-30
2	外伤	2008-8-7	2008-8-8	2008-8-9	/	2008-8-12
3	青光眼	2008-8-7	2008-8-21	2008-8-23	/	2008-9-4

4	视网膜 疾病	2008-8-8	2008-8-22	2008-8-24	/	2008-9-2
5	外伤	2008-8-8	2008-8-9	2008-8-10	/	2008-8-13
6	视网膜 疾病	2008-8-8	2008-8-22	2008-8-24	/	2008-9-7

5.2.3 基于 0-1 整数规划的眼科病床安排模型实证评价

我们通过上述实证分析可以得知

1. 病床实用率

原先给定模型中病床实用率始终保持在 100%，而我们用自己建立的模型优化后，病床的实用率大约为 94.31%，略大于标准区间的[85%,93%],虽然不在区间范围内，但相对以前模型已有所优化。

2. 平均住院天数

通过模型的优化，平均住院天数从原始的 7.84 天降低至 7.67 天，有所下降，同时缩短了病人在医院的逗留时间。

3. 等待入院时间

从总的时间角度考虑，优化后总时间向前提前一天，从而减小了后面病人入院等待时间。

5.3 各种手术类型入院时间的单项预测模型和基于 IOWA 算子的区间

组合预测模型的建立

我们考虑各时刻各手术类型的住院病人人数及等待入院病人人数，建立线性回归预测模型和均值方差模型拟合得到某病人(考虑手术类型)的入院时间区间。

5.3.1 线性回归预测模型（模型 5）

一. 参数估计

设 y_j 表示第 j 种手术类型病人的入院时间,设其受 m 个因素 x_1, x_2, \dots, x_m 的影响, 且 y 与 x_1, x_2, \dots, x_m 之间满足以下线性关系

$$y = I_0 + I_1 x_1 + I_2 x_2 + \dots + I_m x_m + e, \quad (8)$$

若获得 n 次观察值 $(y_i, x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$, $i = 1, 2, \dots, n$, 则有下列式成立

$$y_i = I_0 + I_1 x_{i1} + I_2 x_{i2} + \dots + I_m x_{im} + e_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (9)$$

令

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T, \quad \varepsilon = (e_1, e_2, \dots, e_n)^T, \quad \Lambda = (I_0, I_1, \dots, I_m)^T,$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix},$$

则 (9) 式可写成

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\Lambda} + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad (10)$$

其中 $\boldsymbol{\Lambda}$ 为未知参数, \mathbf{Y} 为入院时间观察值向量, \mathbf{X} 为观察值矩阵, $\boldsymbol{\varepsilon}$ 为随机误差向量。一般有

$$\text{rank}(\mathbf{X}) = m+1, \quad E(\boldsymbol{\varepsilon}) = \mathbf{0}, \quad \text{Cov}(\boldsymbol{\varepsilon}, \boldsymbol{\varepsilon}) = s^2 \mathbf{I}_n, \quad (11)$$

其中 s^2 为随机误差的方差, \mathbf{I}_n 为 n 阶单位阵。

可以证明, 对于线性回归模型 (10) 未知参数向量 $\boldsymbol{\Lambda}$ 的最小二乘估计为:

$$\hat{\boldsymbol{\Lambda}} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{Y} \quad (12)$$

二. 回归预测模型的统计假设检验

F 检验

在假设 $H_0: \boldsymbol{\Lambda} = \mathbf{0}$ 的条件下, 构造 F-统计量

$$F = \frac{SSR/m}{SSE/(n-m-1)} \sim F(m, n-m-1) \quad (13)$$

其中 $SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ 为总离差平方和, $SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$ 为回归平方和,

$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$ 为残差平方和, $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ 为均值, \hat{y}_i 为 y_i 的估计。

对给定的显著性水平 b , 由 F-分布表可查得临界值 F_b , 根据给定的样本观察值计算 F 值, 若 $F \leq F_b$, 则接受假设 $H_0: \boldsymbol{\Lambda} = \mathbf{0}$ 。这表明预测对象 y 与 m 个影响因素 x_1, x_2, \dots, x_m 的线性关系不显著。反之, 若 $F > F_b$, 则拒绝假设 H_0 。这表明 y 与影响因素 x_1, x_2, \dots, x_m 的线性关系显著。

t 检验

在假设 $H_0: l_i = 0$ 的条件下, 构造 t-统计量

$$T_i = \frac{\hat{a}_i}{\sqrt{c_{ii}} \sqrt{SSE/(n-m-1)}} \sim t(n-m-1), \quad i = 0, 1, 2, \dots, m \quad (14)$$

其中 $C = (X^T X)^{-1} = (c_{ij})_{(m+1) \times (m+1)}$ ，对给定的显著性水平 b ，由 t -分布表可查得临界值 t_b ，根据给定的样本观察值计算 T_i 值。

若 $|T_i| \leq t_b$ ，则接受假设。这表明预测对象 y 与第 i 个影响因素 x_i 的线性关系不显著。需要把 x_i 从回归模型中剔除，重新建立回归模型。

反之，若 $|T_i| > t_b$ ，则拒绝假设 H_0 。这表明 y 与影响因素 x_i 的线性关系显著。

三. 回归模型预测方法

若给定 m 个因素的一组值，设 $x_1 = x_1^{(0)}, x_2 = x_2^{(0)}, \dots, x_m = x_m^{(0)}$ ，则预测对象 y 的点预测值为

$$\hat{y}_0 = \hat{I}_0 + \sum_{i=1}^m \hat{I}_i x_i^{(0)} \quad (15)$$

令 $X_0 = (1, x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_m^{(0)})$ ， $\hat{\Lambda} = (\hat{I}_0, \hat{I}_1, \dots, \hat{I}_m)^T$ ，则上式可表示为 $\hat{y}_0 = X_0^T \hat{\Lambda}$ ，在 e 服从多元正态分布假设条件下，则有

$$\hat{y}_0 \sim N(X_0^T \Lambda, S^2 X_0^T (X^T X)^{-1} X_0), y_0 \sim N(X_0^T \Lambda, S^2) \quad (16)$$

y_0 是没有观察到的总体的特定值，可以认为 \hat{y}_0 和 y_0 相互独立，所以

$$y_0 - \hat{y}_0 \sim N(0, S^2 [1 + X_0^T (X^T X)^{-1} X_0])$$

$$\text{即} \quad \frac{(y_0 - \hat{y}_0)}{\sqrt{S^2 [1 + X_0^T (X^T X)^{-1} X_0]}} \sim N(0, 1) \quad (17)$$

则可知 $\frac{(n-m-1)\hat{S}^2}{S^2} \sim \chi^2(n-m-1)$ ，所以

$$\frac{(y_0 - \hat{y}_0)}{\hat{S} \sqrt{1 + X_0^T (X^T X)^{-1} X_0}} \sim t(n-m-1) \quad (18)$$

从而 y_0 的 $1-b$ 的置信区间预测为：

$$\hat{y}_0 - t_{b/2} \hat{S} \sqrt{1 + X_0^T (X^T X)^{-1} X_0} \leq y_0 \leq \hat{y}_0 + t_{b/2} \hat{S} \sqrt{1 + X_0^T (X^T X)^{-1} X_0} \quad (19)$$

5.3.2 均值方差预测模型（模型 6）

我们考虑对所有样本中各种病症的入住时间进行统计处理，得到均值 $\bar{X}^{(j)}$ ，

标准差 $S^{(j)}$ ， n 为样本容量，95% 置信区间为 $\bar{X}^{(j)} \pm \frac{S^{(j)}}{\sqrt{n}} Z_{0.95/2}$ （假设各种病症的

入住时间满足正态分布), 则可得到各种病症的入住时间的区间值。

5.3.3 基于 IOWA 算子的区间组合预测模型的建立

一. 预备知识

记 $\tilde{a} = [a^L, a^U] = \{x | a^L \leq x \leq a^U, a^L, a^U \in R\}$, 则称 \tilde{a} 为一个区间数。特别地, 若 $a^L = a^U$, 则 \tilde{a} 退化为普通实数。又记 $m = \frac{1}{2}(a^L + a^U)$, $r = \frac{1}{2}(a^U - a^L)$, 则称 m 、 r 分别为区间中点和区间半径, 区间数 \tilde{a} 则还可记为 $\tilde{a} = (m; r)$ 的形式, 即 $\tilde{a} = [a^L, a^U] = (m; r)$ 。

令区间数 $\tilde{a} = [a^L, a^U] = (m_1; r_1)$, $\tilde{b} = [b^L, b^U] = (m_2; r_2)$, $l \in R$, 它们之间的二元运算关系如下:

$$(1) \text{ 加法运算: } \tilde{a} + \tilde{b} = [a^L + b^L, a^U + b^U] = (m_1 + m_2; r_1 + r_2)$$

$$(2) \text{ 实数数乘运算: } l\tilde{a} = \begin{cases} [l a^L, l a^U], l \geq 0 \\ [l a^U, l a^L], l < 0 \end{cases} = (l m_1; |l| r_1)$$

$$(3) \text{ 减法运算: } \tilde{a} - \tilde{b} = [a^L - b^U, a^U - b^L] = (m_1 - m_2; r_1 + r_2)$$

定义 1 设 $(\langle v_1, a_1 \rangle, \langle v_2, a_2 \rangle, \dots, \langle v_n, a_n \rangle)$ 为 n 个二维数组, 令

$$IOWA_w(\langle v_1, a_1 \rangle, \langle v_2, a_2 \rangle, \dots, \langle v_n, a_n \rangle) = \sum_{i=1}^n w_i a_{v-index(i)} \quad (20)$$

其中 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 是与 $IOWA_w$ 有关的加权向量, 满足

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n, \quad v-index(i) \text{ 是 } v_1, v_2, \dots, v_n \text{ 中按从大到小的顺序排列的}$$

第 i 个大的数的下标, 则称函数 $IOWA_w$ 是由 v_1, v_2, \dots, v_n 所产生的 n 维诱导有序加权算术平均算子, 简称为 IOWA 算子, v_i 称为 a_i 的诱导值。

定义 2 表明, IOWA 算子是对诱导值 v_1, v_2, \dots, v_n 按从大到小的顺序排序后所对应的 a_1, a_2, \dots, a_n 中的数进行有序加权平均, w_i 与数 a_i 的大小和位置无关, 而是与其诱导值所在的位置有关。

传统的点预测是以实际值与预测值之间的距离来评估预测效率, 但对于区间预测而言, 除了预测区间的长度外, 还需考虑预测区间中心位置与实际值区间中

心位置的差距。因此，下面介绍文献[12]中定义的两中区间预测效率：平均区间误差平方和与平均区间相对误差和。

定义 3 设预测对象的实际区间序列为 $\{\tilde{x}_t = [x_t^L, x_t^U] = (m_t; r_t), t = 1, 2, \dots, n\}$ ，预测区间序列为 $\{\hat{x}_t = [\hat{x}_t^L, \hat{x}_t^U] = (\hat{m}_t; \hat{r}_t), t = 1, 2, \dots, n\}$ ，令 $d_t = m_t - \hat{m}_t$ 为 \tilde{x}_t 与 \hat{x}_t 的区间中心位置误差，则称

$$MSEP = \frac{\sum_{t=1}^n d_t^2}{n} = \frac{\sum_{t=1}^n (m_t - \hat{m}_t)^2}{n} \quad (21)$$

为平均区间中心位置误差平方和（Mean Squared Error of Interval Position）。

定义 4 设预测对象的实际区间序列为 $\{\tilde{x}_t = [x_t^L, x_t^U] = (m_t; r_t), t = 1, 2, \dots, n\}$ ，预测区间序列为 $\{\hat{x}_t = [\hat{x}_t^L, \hat{x}_t^U] = (\hat{m}_t; \hat{r}_t), t = 1, 2, \dots, n\}$ ，令 $e_t = r_t - \hat{r}_t$ 为 \tilde{x}_t 与 \hat{x}_t 的区间长度误差，则称

$$MSEL = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n} = \frac{\sum_{t=1}^n (r_t - \hat{r}_t)^2}{n} \quad (22)$$

为平均区间长度误差平方和（Mean Squared Error of Interval Length）。

定义 5 预测对象的实际区间序列 $\{\tilde{x}_t = [x_t^L, x_t^U] = (m_t; r_t), t = 1, 2, \dots, n\}$ 和预测区间序列 $\{\hat{x}_t = [\hat{x}_t^L, \hat{x}_t^U] = (\hat{m}_t; \hat{r}_t), t = 1, 2, \dots, n\}$ 之间误差包含两部分：区间中心位置误差 d_t 和区间长度误差 e_t ，则称

$$MSEI = \frac{\sum_{t=1}^n d_t^2}{n} + \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n} = \frac{\sum_{t=1}^n (m_t - \hat{m}_t)^2}{n} + \frac{\sum_{t=1}^n (r_t - \hat{r}_t)^2}{n} = MSEP + MSEL \quad (23)$$

为平均区间误差平方和（Mean Squared Error of Interval）。

特别地，当区间序列转化为点序列，即 $x_t^L = x_t^U$ 时， $r_t = \hat{r}_t = 0$ ，MSEI 即为传统点序列的平均误差平方和，则可知 MSEI 是将点预测中的平均误差平方和拓展到区间情形。

定义 6 设预测对象的实际区间序列为 $\{\tilde{x}_t = [x_t^L, x_t^U] = (m_t; r_t), t = 1, 2, \dots, n\}$, 预测区间序列为 $\{\hat{\tilde{x}}_t = [\hat{x}_t^L, \hat{x}_t^U] = (\hat{m}_t; \hat{r}_t), t = 1, 2, \dots, n\}$, 令 $h_t = \frac{|m_t - \hat{m}_t|}{r_t + \hat{r}_t}$ 为 \tilde{x}_t 与 $\hat{\tilde{x}}_t$ 的区间相对误差, 则称

$$MRIE = \frac{\sum_{t=1}^n h_t}{n} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|m_t - \hat{m}_t|}{r_t + \hat{r}_t} \quad (24)$$

为平均区间相对误差平方和 (Mean Relation Interval Error)。

$MRIE$ 考虑的是预测区间涵盖实际区间范围的重要性, 即预测区间中心越接近实际区间中心, 且与实际区间重叠的部分越多则越好。

二. 基于 IOWA 算子的区间组合预测模型 (模型 7)

设某预测对象的区间序列观测值为 $\{\tilde{x}_t = [x_t^L, x_t^U] = (m_t; r_t), t = 1, 2, \dots, n\}$, 有 m 种可行的单项预测方法对其进行预测, $\hat{\tilde{x}}_{it} = [\hat{x}_{it}^L, \hat{x}_{it}^U] = (\hat{m}_{it}; \hat{r}_{it})$ 为第 i 种预测方法在第 t 时刻的区间预测值, $i = 1, 2, \dots, m, t = 1, 2, \dots, n$. 设 $L = (l_1, l_2, \dots, l_m)^T$ 为 m 种单项预测方法在区间组合预测中的加权系数, 满足 $\sum_{i=1}^m l_i = 1, l_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m$.

定义 7 令 $\hat{\tilde{x}}_t = \sum_{i=1}^m l_i \hat{\tilde{x}}_{it} = \sum_{i=1}^m l_i (\hat{m}_{it}; \hat{r}_{it}), t = 1, 2, \dots, n$ (25)

则称 $\hat{\tilde{x}}_t$ 为第 t 时刻的加权算术平均区间组合预测值。

$$\text{令 } a_{it} = \begin{cases} 1 - |h_{it}| = 1 - \frac{|m_t - \hat{m}_{it}|}{r_t + \hat{r}_{it}}, & \text{当 } 0 < \frac{|m_t - \hat{m}_{it}|}{r_t + \hat{r}_{it}} < 1 \text{ 时} \\ \frac{|r_t - \hat{r}_{it}|}{r_t + \hat{r}_{it}}, & \text{当 } \frac{|m_t - \hat{m}_{it}|}{r_t + \hat{r}_{it}} = 0 \text{ 时} \\ 0, & \text{当 } \frac{|m_t - \hat{m}_{it}|}{r_t + \hat{r}_{it}} \geq 1 \text{ 时} \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, m, t = 1, 2, \dots, n.$$

则 a_{it} 表示第 i 种预测方法在第 t 时刻的预测精度, 显然 $a_{it} \in [0, 1]$, 把 a_{it} 作为区间预测值 $\hat{\tilde{x}}_{it}$ 的诱导值, 这样 m 种单项预测方法在第 t 时刻的预测精度和其对应的区间预测值就构成了 m 个二维区间数组 $(\langle a_{1t}, \hat{\tilde{x}}_{1t} \rangle, \langle a_{2t}, \hat{\tilde{x}}_{2t} \rangle, \dots, \langle a_{mt}, \hat{\tilde{x}}_{mt} \rangle)$, 将 m 种单

项预测方法在第 t 时刻的预测精度序列 $a_{1t}, a_{2t}, \dots, a_{mt}$ 按从大到小的顺序排列, 设 $a-index(it)$ 是第 i 个大的预测精度的下标。根据定义 1, 有如下概念:

定义 8 令

$$IOWA_L(\langle a_{1t}, \hat{x}_{1t} \rangle, \langle a_{2t}, \hat{x}_{2t} \rangle, \dots, \langle a_{mt}, \hat{x}_{mt} \rangle) = \sum_{i=1}^m l_i \hat{x}_{a-index(it)} = \sum_{i=1}^m l_i (\hat{m}_{a-index(it)}; \hat{r}_{a-index(it)}) \quad (26)$$

则式 (26) 称为第 t 时刻由预测精度序列 $a_{1t}, a_{2t}, \dots, a_{mt}$ 所产生的 IOWA 算子区间组合预测值。

显然, 式 (25) 和式 (26) 的根本区别在于区间组合预测的加权系数与单项预测方法无关, 而是与单项预测方法在各时点上的预测精度的大小密切相关, 这就是基于 IOWA 算子区间组合预测的特点。

令 $d_{a-index(it)} = m_t - \hat{m}_{a-index(it)}$, $e_{a-index(it)} = r_t - \hat{r}_{a-index(it)}$, 于是 n 期总的区间组合预测中心位置误差平方和 s 与区间组合预测长度误差平方和 s' 分别为

$$s = \sum_{t=1}^n \left(m_t - \sum_{i=1}^m l_i \hat{m}_{a-index(it)} \right)^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m l_i l_j \left(\sum_{t=1}^n d_{a-index(it)} d_{a-index(jt)} \right) \quad (27)$$

$$s' = \sum_{t=1}^n \left(r_t - \sum_{i=1}^m l_i \hat{r}_{a-index(it)} \right)^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m l_i l_j \left(\sum_{t=1}^n e_{a-index(it)} e_{a-index(jt)} \right) \quad (28)$$

因此, 以区间中心位置误差平方和与区间长度误差平方和的凸组合为准则的基于 IOWA 算子的区间组合预测模型可表示为如下最优化模型:

$$\min a s(L) + (1-a) s'(L) = a \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m l_i l_j \left(\sum_{t=1}^n d_{a-index(it)} d_{a-index(jt)} \right) + (1-a) \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m l_i l_j \left(\sum_{t=1}^n e_{a-index(it)} e_{a-index(jt)} \right)$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{i=1}^m l_i = 1, \\ l_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m. \end{cases} \quad (29)$$

其中参数 $a (0 < a < 1)$ 是对区间中心位置误差平方和的重要性程度的度量, $1-a$ 是对区间长度误差平方和的度量。

令 $d_{ij} = \sum_{t=1}^n d_{a-index(it)} d_{a-index(jt)}$, $e_{ij} = \sum_{t=1}^n e_{a-index(it)} e_{a-index(jt)}$, $i, j = 1, 2, \dots, m$, 则称

$d = (d_{ij})_{m \times m}$, $e = (e_{ij})_{m \times m}$ 分别为 m 阶 IOWA 算子的区间组合预测中心位置误差信息方阵和长度误差信息方阵, 因此式 (29) 可以表示成如下矩阵形式:

$$\begin{aligned} \min & as(L) + (1-a)s'(L) = aL^T dL + (1-a)L^T eL \\ s.t. & \begin{cases} R^T L = 1, \\ L \geq 0. \end{cases} \end{aligned} \quad (30)$$

其中 $R = (1, 1, \dots, 1)^T$ ，如不考虑 IOWA 算子的区间组合预测权重向量 L 的非负性，则有

$$\begin{aligned} \min & as(L) + (1-a)s'(L) = aL^T dL + (1-a)L^T eL \\ s.t. & R^T L = 1. \end{aligned} \quad (31)$$

三. 基于 IOWA 算子的区间组合预测模型的求解

对于模型 (31) 有如下结论：

定理 1 若 IOWA 算子的区间组合预测中心位置误差信息方阵 d 和长度误差信息方阵 e 为正定矩阵，则模型 (31) 存在唯一最优解

$$L^* = \frac{[ad^{-1} + (1-a)e^{-1}]R}{R^T[ad^{-1} + (1-a)e^{-1}]R} \quad (32)$$

证明：因为 d 和 e 为正定矩阵，从而 d 和 e 的逆存在且 d^{-1} 和 e^{-1} 也为正定矩阵。

对模型(31)构造 Lagrange 函数

$$as(L) + (1-a)s'(L) = aL^T dL + (1-a)L^T eL + l(R^T L - 1)$$

其中 l 为 Lagrange 乘子，由极值的必要条件，令

$$\partial[as(L) + (1-a)s'(L)]/\partial L = 0, \quad \partial[as(L) + (1-a)s'(L)]/\partial l = 0$$

$$\text{即有} \quad \begin{cases} a2dL + (1-a)2eL + lR = 0 \\ R^T L - 1 = 0 \end{cases} \quad (33)$$

$$\text{解方程组 (33) 式得} \quad L^* = \frac{[ad^{-1} + (1-a)e^{-1}]R}{R^T[ad^{-1} + (1-a)e^{-1}]R}$$

因为 $\partial^2[as(L) + (1-a)s'(L)]/\partial L^2 = 2ad + 2(1-a)e$ 也为正定矩阵，由文献[11]中定理 4.1.2 知，函数 $as(L) + (1-a)s'(L)$ 为严格凸函数且由极值的充分条件知式 (32) 为模型 (31) 的唯一最优解。

关于模型 (30) 和模型 (31) 的最优解之间的关系有如下结论：

定理 2 若模型 (31) 的最优解 $L^* = \frac{[ad^{-1} + (1-a)e^{-1}]R}{R^T[ad^{-1} + (1-a)e^{-1}]R}$ 是模型 (30) 可行域

的内点或边界点, 则 L^* 也是模型 (30) 的最优解.

证明略, 可参见文献[11]、[13].

定理 2 表明若 L^* 满足非负性, 直接用式(32)求模型(30)的最优解. 若不满足非负性, 模型(30)实际上是一个二次规划, 可以利用 Kuhn—Tucker 条件将其转化为线性规划或用现成的最优化软件来求解.

5.3.4 各单项预测模型和基于 IOWA 算子的区间组合预测模型的实证分析

一. 入院时间的多元线性回归预测模型

由于门诊病人受到当时住院病人及等待病人的统计人数这两个因素的影响. 在这里我们不考虑外伤急诊病人 (因为只要有病床就优先第二天给予其入住), 将门诊病人按手术类型分为 4 类 (白内障单、白内障双、视网膜疾病和青光眼), 当时住院病人和等待病人也分为 4 类, 则统计 2008 年 7 月 13 日到 2008 年 9 月 11 日的相关数据.

表 7 2008 年 7 月 13 日到 2008 年 9 月 11 日的数据

时间	青光眼			白内障		
	等待住院 的时间	等待入院 人数	住院人数	等待住院 的时间	等待入院 人数	住院人数
2008-8-10	13.0000	8.0000	18.0000	13.0000	16.0000	28.0000
2008-8-11	12.0000	8.0000	18.0000	13.0000	16.0000	28.0000
2008-8-12	13.0000	8.0000	18.0000	12.0000	19.0000	31.0000
2008-8-13	12.0000	8.0000	19.0000	11.0000	20.0000	29.0000
2008-8-14	13.0000	7.0000	21.0000	12.0000	19.0000	23.0000
2008-8-15	13.0000	8.0000	21.0000	13.0000	19.0000	21.0000
2008-8-16	12.0000	8.0000	18.0000	13.0000	17.0000	22.0000
时间	白双			视网膜		
	等待住院 的时间	等待入院 人数	住院人数	等待住院 的时间	等待入院 人数	住院人数
2008-8-10	13.0000	24.0000	11.0000	13.0000	34.0000	33.0000
2008-8-11	12.0000	25.0000	11.0000	12.0000	38.0000	31.0000
2008-8-12	12.0000	27.0000	12.0000	12.0000	35.0000	31.0000
2008-8-13	12.0000	29.0000	15.0000	13.0000	39.0000	31.0000
2008-8-14	13.0000	30.0000	17.0000	13.0000	36.0000	33.0000
2008-8-15	13.0000	33.0000	16.0000	13.0000	36.0000	37.0000
2008-8-16	13.0000	30.0000	11.0000	13.0000	32.0000	41.0000

上述两个因素会影响第 t 时刻第 j 类病人的入院时间, 为此我们考虑如下四类病人的二元线性回归预测模型:

设 $x_1^{(j)}(t)$ 为第 t 时刻第 j 类住院病人的人数, $x_2^{(j)}(t)$ 为第 t 年第 j 类等待病人的人数, 由 2008 年 7 月 13 日到 2008 年 9 月 11 日的数据表再利用 Eview5 可计算得到回归预测表达式:

$$\text{青光眼病人等待住院的时间 } y^{(1)}_t = 19.1906 - 0.82434x_1^{(1)}(t) - 0.0060x_2^{(1)}(t)$$

$$\text{白内障病人等待住院的时间 } y^{(2)}_t = 6.9338 - 0.0232x_1^{(2)}(t) + 0.2263x_2^{(2)}(t)$$

$$\text{双眼白内障病人等待住院的时间 } y^{(3)}_t = 7.0639 - 0.2376x_1^{(3)}(t) + 0.9204x_2^{(3)}(t)$$

$$\text{视网膜疾病人等待住院的时间 } y^{(4)}_t = -4.7614 + 0.1688x_1^{(4)}(t) + 0.3381x_2^{(4)}(t)$$

由以上模型都可通过检验。

所以第 t 时刻第 j 类病人的入院时间可由公式

$$y^{(j)}_t = a_0 + a_1x_1^{(j)}(t) + a_2x_2^{(j)}(t) \text{ 求得。}$$

由此模型预测出 2008 年 7 月 13 日到 2008 年 9 月 11 日的等待住院时间(见附表 1)

二. 入院时间的均值方差预测模型

根据统计知识我们可以得到模型 6 预测的有关数据(见附表 1)。

三. 入院时间的基于 IOWA 算子的区间组合预测模型

由上两种单项预测模型的区间数据结合 5.3.3 相关知识, 我们可以得到区间组合预测数据(见附表 1), 这里我们取 $\alpha = 0.5$ 。

5.4 基于手术规则变化的病床合理安排分析

现该住院部调整手术规则, 即周六、周日不安排手术。若依然按照当前的手术安排(外伤急诊优先手术, 周一和周三只安排白内障手术, 且对于做双眼白内障手术的病人在周一安排第一次手术, 同一星期的周三安排第二次手术), 则对于各类手术类型病人的入院和手术时间将产生如下影响:

1. 对于白内障(单、双眼)病人, 由于其只在周一和周三安排手术, 故现在周六、周日不安排手术, 没有受到影响, 但平均逗留时间发生变化;

2. 对于视网膜疾病和青光眼病人, 由于入院后 2~3 天即可进行手术且不安排在周一、周三手术, 因而在周五和周六尽量不安排病人入院, 否则会使医疗病床资源有效利用率降低, 增加了病人的逗留时间。

3. 对于外伤急诊病人, 只要有床位就隔一天住院再隔一天进行手术。由于周六、周日现已不安排手术, 因而周四和周五均不能安排外伤急诊病人入院;

基于 5.2 的 0-1 整数目标规划模型分析, 上述手术安排变化等价于在模型中增加一个限制条件: 对于视网膜疾病和青光眼病人($j = 3, 4$), 其到达手术时间日期正好属于集合 J' 时, 其 0-1 变量取值为 0。

基于上述分析, 考虑将 5.2 中的模型做如下的修改:

$$\min \frac{1}{349} \sum_{i=1}^{349} \left[\left(1 \cdot x_{t_i^{(j)}+1} + 2 \cdot x_{t_i^{(j)}+2} + \cdots + d_1^{(j)} \cdot x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}} \right) + \left(1 \cdot x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+1} + 2 \cdot x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+2} + \cdots + d_1^{(j)} \cdot x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}} \right) \right. \\ \left. + \left(1 \cdot x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}+1} + 2 \cdot x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}+2} + \cdots + d_1^{(j)} \cdot x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}+d_3^{(j)}} \right) \right] \\ s.t. \quad \begin{cases} x_{t_i^{(j)}+1} + x_{t_i^{(j)}+2} + \cdots + x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}} = 1; \\ x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+1} + x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+2} + \cdots + x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}} = 1; \\ x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}+1} + x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}+2} + \cdots + x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}+d_3^{(j)}} = 1; \\ 17 \cdot \frac{2}{12} \leq \frac{\|I\|}{79} \leq 20 \cdot \frac{2}{12} \\ x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}} = 1, j \in \{1, 2\}, t_i^{(j)} + d_1^{(j)} + d_2^{(j)} \in J; \\ x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}} = 0, j \in \{3, 4\}, t_i^{(j)} + d_1^{(j)} + d_2^{(j)} \in J; \\ x_{t_i^{(j)}+d_1^{(j)}+d_2^{(j)}} = 0, j \in \{3, 4\}, t_i^{(j)} + d_1^{(j)} + d_2^{(j)} \in J'; \end{cases}$$

和

$$\min \frac{1}{349} \sum_{i=1}^{349} \left[\left(1 \cdot x_{t_i^{(j)}+1} + 2 \cdot x_{t_i^{(j)}+2} + \cdots + D_1^{(j)} \cdot x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}} \right) + \left(1 \cdot x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+1} + 2 \cdot x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+2} + \cdots + d_1^{(j)} \cdot x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}} \right) \right. \\ \left. + \left(1 \cdot x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}+1} + 2 \cdot x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}+2} + \cdots + d_1^{(j)} \cdot x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}+D_3^{(j)}} \right) \right] \\ s.t. \quad \begin{cases} x_{t_i^{(j)}+1} + x_{t_i^{(j)}+2} + \cdots + x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}} = 1; \\ x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+1} + x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+2} + \cdots + x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}} = 1; \\ x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}+1} + x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}+2} + \cdots + x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}+D_3^{(j)}} = 1; \\ 17 \cdot \frac{2}{12} \leq \frac{\|I\|}{79} \leq 20 \cdot \frac{2}{12} \\ x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}} = 1, j \in \{1, 2\}, t_i^{(j)} + D_1^{(j)} + D_2^{(j)} \in J; \\ x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}} = 0, j \in \{3, 4\}, t_i^{(j)} + D_1^{(j)} + D_2^{(j)} \in J; \\ x_{t_i^{(j)}+D_1^{(j)}+D_2^{(j)}} = 0, j \in \{3, 4\}, t_i^{(j)} + D_1^{(j)} + D_2^{(j)} \in J'; \end{cases}$$

选取某段数据计算得下表:

序号	类型	门诊时间	入院时间	第一次手术时间	第二次手术时间	出院时间
1	青光眼	2008-8-3	2008-8-14	2008-8-16	/	2008-8-24
2	视网膜疾病	2008-8-3	2008-8-15	2008-8-17	/	2008-8-26
3	白内障(双眼)	2008-8-3	2008-8-15	2008-8-18	2008-8-20	2008-8-23
4	白内障	2008-8-3	2008-8-15	2008-8-18	/	2008-8-21
5	白内障(双眼)	2008-8-3	2008-8-15	2008-8-18	2008-8-20	2008-8-23

6	视网膜疾病	2008-8-3	2008-8-15	2008-8-17	/	2008-9-26
---	-------	----------	-----------	-----------	---	-----------

序号	类型	门诊时间	入院时间	第一次手术时间	第二次手术时间	出院时间
1	青光眼	2008-8-3	2008-8-14	2008-8-18	/	2008-8-26
2	视网膜疾病	2008-8-3	2008-8-15	2008-8-18	/	2008-8-27
3	白内障（双眼）	2008-8-3	2008-8-15	2008-8-19	2008-8-21	2008-8-24
4	白内障	2008-8-3	2008-8-15	2008-8-19	/	2008-8-22
5	白内障（双眼）	2008-8-3	2008-8-15	2008-8-19	2008-8-21	2008-8-24
6	视网膜疾病	2008-8-3	2008-8-15	2008-8-18	/	2008-9-27

我们通过上表分析可以得知

1. 病床实用率

原先给定模型中病床实用率始终保持在 100%，而我们用自己建立的模型优化后，病床的实用率任然为 100%，相对以前模型没有变化。

2. 平均住院天数

通过模型的优化，平均住院天数从原始的 7.84 天降低至 8.81 天，有所上升，增加了病人在医院的逗留时间。

3. 等待入院时间

从总的时间角度考虑，优化后总时间向后推迟天，大大增加了后面病人入院等待时间。

从模型的求解结果可以发现，调整后的方案造成了所有病人总逗留时间和等待住院病人队列长度的增加。我们可以对手术时间安排做如下改进：

1. 对于外伤急诊病人仍然优先，考虑每天保留 1-2 个床位以应急。

2. 现周六和周日不安排手术，则原白内障患者只在周一和周三进行手术的手术时间安排也需要做相应的调整：对于白内障双眼病人仍考虑间隔一天进行手术，一共可有 3 种组合手术时间安排（周一和周三、周二和周四、周三和周五），不固定为某个特定时间，增大了手术时间安排的灵活性。

5.5 基于合作对策的 Shapley 值方法各类病人占用病床安排模型

合理的病床安排就是要确定该院眼科病床位（79 张）对于白内障（单、双眼）、视网膜疾病、青光眼和外伤五种手术给予一个恰当的病床分配比例。由于外伤急诊病人平均期望值较小，我们只给予其一个床位即可满足，则考虑剩余 78 张病床的分配。

因此我们需要重点对白内障（单、双眼）、视网膜疾病、青光眼这四种手术

5.5.1 合作 n 人对策 Shapley 值模型

定义 9 设 $N = \{1, 2, \dots, n\}$ 为局中人集, $V(S)$ 是定义在 I 上的一切子集 (即

$$(1) \quad V(\emptyset) = 0 \quad (34)$$

定义 9 中的 (35) 式表明, 通过合作可使总收益不致减少, 而往往是增加的, 称此性质为特征函数的超可加性。由特征函数 V 的超可加性可立即推出

定义 10 称 $v(s \cup \{i\}) - v(s)$ 为第 i 局中人对联盟 s 合作的“贡献”，其中 $s \subset N$ 。

设 x_i 为第 i 局中人从 $v(N)$ 中获得的分配, $i=1, 2, \dots, n$, 则有:

然而上述的分配通常与局中人编号的次序有关, 如把局中人 $n, n-1, \cdots, 2, 1$

的编号改为 $1', 2', \dots, m'$, 则有新的分配方案:

$$\begin{aligned} x_1' &= v(\{n\}), \\ x_2' &= v(\{n, n-1\}) - v(\{n\}), \\ x_3' &= v(\{n, n-1, n-2\}) - v(\{n, n-1\}), \\ &\dots\dots\dots \\ x_m' &= v(N) - v(N - \{1\}), \end{aligned} \tag{38}$$

对于其它的编号的次序有对应的分配方案，由于 n 个局中人编号的次序共有 $n!$ 种，所以对应的分配方案也有 $n!$ 种，为此取各局中人分配的平均值作为局中人的平均“贡献”。

记 $j_i(v)$ 为第 i 个局中人的平均“贡献”，则有：

$$j_i(v) = \frac{1}{n!} \sum_p [v(s_p^i \cup \{i\}) - v(s_p^i)] \quad (39)$$

其中 p 由 $1, 2, \dots, n$ 组成的所有 n 级排列, Σ 为针对所有的 $n!$ 个不同的 n 级排列求和, $s_p^i = \{j | p_j < i\}$ 。

显然 s_n^i 为排列 p 中排在 i 的前面的那些局中人组成的联盟。

将满足 $s_n^i = s$ 排列归为一类, (39)式可以表示为:

$$j_i(v) = \sum_{i \in s} \frac{(n-|s|)! (|s|-1)}{n!} [v(s) - v(s - \{i\})], i = 1, 2, \dots, n \quad (40)$$

其中 s 为 N 中包含 $\{i\}$ 的所有子集合, $|s|$ 子集 s 中局中人的数量。

定义 11 称 $\Phi(v) = (j_1(v), j_2(v), \dots, j_m(v))$ 为合作 n 人对策 $\Gamma = [N, v]$ 的 Shapley 值。

可以证明

$$\sum_{i=1}^n j_i(v) = v(N) \quad (41)$$

(41)式表明各单项预测方法在组合预测方法中的平均“贡献”之和 $\mathbf{j}_i(\mathbf{v})$ 等于合作的总成果。由 **Shapley** 值即可计算第 i 局中人同联盟合作的平均“贡献” $j_i(\mathbf{v})$ 。

5.5.2 基于合作对策的 Shapley 值方法各类病人占用病床安排模型的实证分析

就病床安排而言，可以要求各种眼科手术合作才可以获得收益。设局中人 1 表示白内障（单眼），局中人 2 表示白内障（双眼），局中人 3 表示视网膜疾病，

局中人 4 表示青光眼。记 $V(S)$ 表示联盟 S 的合作可以获得收益，设白内障（单、双眼）、视网膜疾病、青光眼 4 个局中人共同合作时，他们获得最大收益为 1（单位化），即 $V(\{1,2,3,4\})=1$ ，这里的收益我们可以视为各类眼科手术进行合作后的逗留时间和可出院人数相结合的效益函数。当白内障（单、双眼）、视网膜疾病、青光眼这 4 个局中人互不合作时，则他们任何一个局中人均不能获得任何收益，即 $V(\{i\})=0, i=1,2,3,4$ 。

若白内障（单眼）和白内障（双眼）两者合作，两者获得收益的比例为 $a_1(0 < a_1 < 1)$ ；

若白内障（单眼）和视网膜疾病两者合作，两者获得收益的比例为 $a_2(0 < a_2 < 1)$ ；

若白内障（单眼）和青光眼两者合作，两者获得收益的比例为 $a_3(0 < a_3 < 1)$ ；

若白内障（双眼）和视网膜疾病两者合作，两者获得收益的比例为 $a_4(0 < a_4 < 1)$ ；

若白内障（双眼）和青光眼两者合作，两者获得收益的比例为 $a_5(0 < a_5 < 1)$ ；

若视网膜疾病和青光眼两者合作，两者获得收益的比例为 $a_6(0 < a_6 < 1)$ 。

若白内障（单、双眼）和视网膜疾病三者合作，三者获得收益的比例为 $a_7(0 < a_7 < 1)$ ；

若白内障（单、双眼）和青光眼三者合作，三者获得收益的比例为 $a_8(0 < a_8 < 1)$ ；

若白内障（单眼）、视网膜疾病和青光眼三者合作，三者获得收益的比例为 $a_9(0 < a_9 < 1)$ ；

若白内障（双眼）、视网膜疾病和青光眼三者合作，三者获得收益的比例为 $a_{10}(0 < a_{10} < 1)$ ；

即白内障（单、双眼）、视网膜疾病、青光眼这四个局中人合作的收益特征函数为

$$\left\{ \begin{array}{l} V(\{i\}) = 0, i = 1, 2, 3, 4 \\ V(\{1, 2\}) = a_1, 0 < a_1 < 1 \\ V(\{1, 3\}) = a_2, 0 < a_2 < 1 \\ V(\{1, 4\}) = a_3, 0 < a_3 < 1 \\ V(\{2, 3\}) = a_4, 0 < a_4 < 1 \\ V(\{2, 4\}) = a_5, 0 < a_5 < 1 \\ V(\{3, 4\}) = a_6, 0 < a_6 < 1 \\ V(\{1, 2, 3\}) = a_7, 0 < a_7 < 1 \\ V(\{1, 2, 4\}) = a_8, 0 < a_8 < 1 \\ V(\{1, 3, 4\}) = a_9, 0 < a_9 < 1 \\ V(\{2, 3, 4\}) = a_{10}, 0 < a_{10} < 1 \\ V(\{1, 2, 3, 4\}) = 1 \end{array} \right.$$

根据“谁受益、谁付费”的原则，四个局中人合作的收益分配也就是他们在该眼科病床安排中所占的病床比例。由 Shapley 值计算式可以获得如下结果。

白内障（单眼）应该占用的病床比例为：

$$\begin{aligned} j_1(v) &= v(\{1\}) \times \frac{1}{4} + [v(\{1, 2\}) - v(\{2\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{1, 3\}) - v(\{3\})] \times \frac{1}{12} \\ &+ [v(\{1, 4\}) - v(\{4\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{1, 2, 3\}) - v(\{2, 3\})] \times \frac{1}{12} \\ &+ [v(\{1, 2, 4\}) - v(\{2, 4\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{1, 3, 4\}) - v(\{3, 4\})] \times \frac{1}{12} \\ &+ [v(\{1, 2, 3, 4\}) - v(\{2, 3, 4\})] \times \frac{1}{4} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + (a_7 - a_4) + (a_8 - a_5) + (a_9 - a_6) + 3(1 - a_{10})}{12} \end{aligned}$$

白内障（双眼）应该占用的病床比例为：

$$\begin{aligned} j_2(v) &= v(\{2\}) \times \frac{1}{4} + [v(\{1, 2\}) - v(\{1\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{2, 3\}) - v(\{3\})] \times \frac{1}{12} \\ &+ [v(\{2, 4\}) - v(\{4\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{1, 2, 3\}) - v(\{1, 3\})] \times \frac{1}{12} \\ &+ [v(\{1, 2, 4\}) - v(\{1, 4\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{2, 3, 4\}) - v(\{3, 4\})] \times \frac{1}{12} \\ &+ [v(\{1, 2, 3, 4\}) - v(\{1, 3, 4\})] \times \frac{1}{4} = \frac{a_1 + a_4 + a_5 + (a_7 - a_2) + (a_8 - a_3) + (a_{10} - a_6) + 3(1 - a_9)}{12} \end{aligned}$$

视网膜疾病应该占用的病床比例为：

$$\begin{aligned}
j_3(v) &= v(\{3\}) \times \frac{1}{4} + [v(\{1,3\}) - v(\{1\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{2,3\}) - v(\{2\})] \times \frac{1}{12} \\
&+ [v(\{3,4\}) - v(\{4\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{1,2,3\}) - v(\{1,2\})] \times \frac{1}{12} \\
&+ [v(\{1,3,4\}) - v(\{1,4\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{2,3,4\}) - v(\{2,4\})] \times \frac{1}{12} \\
&+ [v(\{1,2,3,4\}) - v(\{1,2,4\})] \times \frac{1}{4} = \frac{a_2 + a_4 + a_6 + (a_7 - a_1) + (a_9 - a_3) + (a_{10} - a_5) + 3(1 - a_8)}{12}
\end{aligned}$$

青光眼应该占用的病床比例为：

$$\begin{aligned}
j_4(v) &= v(\{4\}) \times \frac{1}{4} + [v(\{1,4\}) - v(\{1\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{2,4\}) - v(\{2\})] \times \frac{1}{12} \\
&+ [v(\{3,4\}) - v(\{3\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{1,2,4\}) - v(\{1,2\})] \times \frac{1}{12} \\
&+ [v(\{1,3,4\}) - v(\{1,3\})] \times \frac{1}{12} + [v(\{2,3,4\}) - v(\{2,3\})] \times \frac{1}{12} \\
&+ [v(\{1,2,3,4\}) - v(\{1,2,3\})] \times \frac{1}{4} = \frac{a_3 + a_5 + a_6 + (a_8 - a_1) + (a_9 - a_2) + (a_{10} - a_4) + 3(1 - a_7)}{12}
\end{aligned}$$

显然 $\sum_{i=1}^4 j_i(v) = 1$

根据统计汇总， $a_1 = 0.45, a_2 = 0.47, a_3 = 0.53, a_4 = 0.41, a_5 = 0.73,$
 $a_6 = 0.69, a_7 = 0.64, a_8 = 0.86, a_9 = 0.79, a_{10} = 0.82$ ，

从而可计算出：

$$j_1(v) = 0.248, j_2(v) = 0.307, j_3(v) = 0.327, j_4(v) = 0.118$$

计算结果表明，白内障（单眼）应该占用的病床为 $78 \times 0.248 \approx 19$ ，白内障（双眼）应该占用的病床为 $78 \times 0.307 \approx 24$ ，视网膜疾病应该占用的病床为 $78 \times 0.327 \approx 26$ ，青光眼应该占用的病床为 $78 \times 0.118 \approx 9$ 。

六. 模型的评价和改进

6.1 模型的评价

6.1.1 模型优点：

1. 模型建立的合理性，模型的建立是在对样本数据进行充分挖掘的基础之上的，通过数据之间的内在关系观察计算，提炼出各个指标之间的关系，建立起模型；
2. 对众多指标用科学的方法进行选取，同时对一些未量化的指标建立模型，进行科学合理的量化，由这些指标建立病床安排评价指标体系。
3. 模型的建立是按照问题的解决的思路进行的，首先分析和发现现有规律，然后对现有的规律进行评价，其次根据评价标准建立新模型，层次渐进易于理

解;

4. 使用 SPSS 统计软件和 excel 进行统计, 大大减少计算量, 同时应用 eviews 和 Matlab 进行优化, 得出理想结果。

6.1.2 模型缺点:

1. 由于所给数据的自身存在某些局限性, 我们在安排床位安排方案时将不能根据病情的轻重制定人性化方案。
2. 住院时间计算选择使用求平均值法, 这样简易的处理会影响到我们后面出院时间的计算。
3. 关键指标选取时, 舍去了一些相关指标, 这将降低评价指标体系的完善性。

6.2 模型的改进

1. 针对缺点一, 我们可以在给病人赋上相对应的病情轻重指标值, 在安排床位次序时加入其指标值, 增加病床安排的合理性。
2. 针对缺点二, 应用更加合理的住院时间计算方法, 减少因用平均值法带来的误差。
3. 在模型设计中忽视了外伤等急诊情况, 但实际过程中急诊肯定存在, 在模型中加入急诊情况能使模型更加可靠、更加实用。

最后, 按照本文所提出的优化模型, 得到题目附录中未完成的信息, 结果见附表 2、附表 3。

参考文献

- [1] 李崇明, 丁烈云. 复杂系统评价指标的筛选方法[J]. 统计与决策, 2004 年 9 期.
- [2] 徐洁. 试论病床使用率和病床周转次数的关系[J]. 中国病案, 2007 年 2 期.
- [3] 王平根, 高允锁. 大型综合医院病床分配方法初探[J]. 中国医院统计, 2006 年 1 期.
- [4] 张慧芳, 昌齐. 应用病床工作效率指标分析我院科室床位设置情况[J]. 中国医院统计, 2007 年 4 期.
- [5] 李瑞波, 马晓慧. 病床工作效率指标在医院科室病床设置中的应用[J]. 中国医院管理, 2002 年 5 期.
- [6] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.
- [7] 王永晨, 潘永惠, 樊立华, 林喆. 灰色预测和灰色关联分析在医院管理中的应用[J]. 中国医院统计, 2000 年 4 期.
- [8] 张绍良, 张国良. 灰色关联度计算方法比较及其存在问题分析[J]. 系统工程, 1996, 14(3): 45-49.
- [9] 骆公志, 杨晓红. 变精度优势粗糙集属性简约择优算法[J]. 中国管理科学, 2009, 17(2): 169-175.
- [10] 徐泽水. 不确定多属性决策方法与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [11] 陈华友. 组合预测方法有效性理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008.

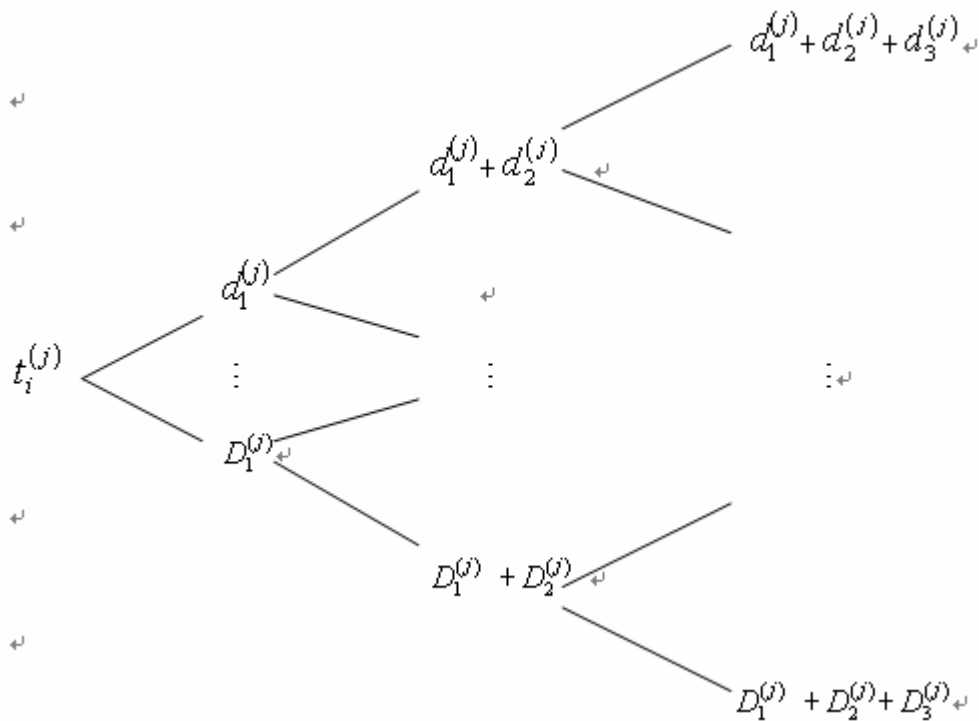
[12] 徐惠莉,吴柏林,江韶珊.区间时间序列预测准确度探讨 [J] .数量经济技术经济研究,2008,25(1):133-140.

[13] 唐小我,曹长修.组合预测最优加权系数向量的进一步研究 [J] .预测,1994,13(2):48-49.

[14] 钱颂迪等,运筹学[M].清华大学出版社,1990.

附录

附图 1



附表 1

青光眼等待时间			
时间序列	模型五	模型六	模型七
1	[11.0368, 13.6903]	[11.5265, 13.67357]	[10.9769, 13.3906]
2	[11.1391, 13.5207]	[11.6306, 13.7033]	[11.0097, 13.1106]
3	[11.2709, 13.7096]	[11.6093, 13.6907]	[11.1536, 13.4096]
4	[11.2194, 14.1790]	[11.5306, 13.7306]	[11.0954, 13.2340]
5	[10.9970, 13.4906]	[11.6793, 13.6307]	[10.9891, 13.1650]
6	[11.0099, 13.5307]	[11.6339, 13.5906]	[11.1306, 13.4930]
7	[11.1131, 11.5709]	[11.5709, 13.6230]	[11.0906, 13.4709]

白内障			
时间序列	模型五	模型六	模型七
1	[10.3379, 14.1790]	[10.6470, 14.1530]	[10.1970, 14.0976]

2	[10.5307, 14.2096]	[10.6612, 14.1485]	[10.3358, 14.1071]
3	[10.4926, 14.1985]	[10.5986, 14.3071]	[10.2591, 14.6572]
4	[10.4687, 14.1676]	[10.4986, 14.2879]	[10.1687, 14.2687]
5	[9.9896, 14.65436]	[10.6978, 14.3688]	[10.3562, 14.3658]
6	[10.2687, 14.2385]	[10.6872, 14.1683]	[9.9976, 14.2675]
7	[10.2689, 14.0688]	[10.3869, 14.3545]	[10.3685, 14.0046]

白内障双

时间序
列

	模型五	模型六	模型七
1	[11.3257, 14.0381]	[11.5238, 13.6190]	[11.0956, 13.2654]
2	[11.3546, 13.0654]	[12.0254, 13.7526]	[11.3546, 12.9544]
3	[11.4853, 13.2684]	[11.3545, 13.5469]	[12.0065, 13.0265]
4	[11.0325, 13.8545]	[11.6346, 13.4688]	[11.7652, 13.0058]
5	[11.6528, 13.2468]	[12.1358, 14.0002]	[11.2468, 12.9945]
6	[10.2585, 14.0026]	[11.3285, 13.6972]	[11.2000, 13.4018]
7	[11.4069, 13.5010]	[11.4022, 13.6509]	[11.2053, 13.1708]

视网膜疾

时间序
列

	模型五	模型六	模型七
1	[11.5243, 12.7815]	[11.2356, 13.1564]	[11.0192, 13.3386]
2	[11.4271, 13.3582]	[11.5408, 13.5603]	[11.1308, 13.2109]
3	[10.9607, 13.5410]	[11.5214, 13.7001]	[11.0618, 13.5667]
4	[11.0513, 13.5604]	[11.4806, 13.7418]	[11.0051, 13.5578]
5	[11.1280, 13.6610]	[11.5508, 13.6981]	[10.9600, 13.2405]
6	[11.3000, 13.5913]	[11.3279, 13.6842]	[11.1728, 13.2561]
7	[11.2901, 13.5200]	[11.4503, 13.7019]	[11.0061, 13.1200]

附表 2

序号	类型	门诊时间	入院时间	第一次手术时间	第二次手术时间	出院时间
1	视网膜疾病	2008-8-15	2008-8-29	2008-8-31	/	2008-9-10
2	视网膜疾病	2008-8-16	2008-8-29	2008-8-31	/	2008-9-10
3	白内障(双眼)	2008-8-19	2008-9-1	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
4	青光眼	2008-8-19	2008-9-1	2008-9-4	/	2008-9-12
5	视网膜疾病	2008-8-19	2008-9-1	2008-9-4	/	2008-9-14
6	视网膜疾病	2008-8-19	2008-9-1	2008-9-4	/	2008-9-14

7	白内障 (双眼)	2008-8-19	2008-9-1	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
8	视网膜 疾病	2008-8-19	2008-9-2	2008-9-4	/	2008-9-14
9	视网膜 疾病	2008-8-19	2008-9-3	2008-9-5	/	2008-9-15
10	白内障 (双眼)	2008-8-19	2008-9-3	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
11	白内障 (双眼)	2008-8-19	2008-9-3	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
12	视网膜 疾病	2008-8-19	2008-9-3	2008-9-5	/	2008-9-15
13	白内障	2008-8-19	2008-9-4	2008-9-8	/	2008-9-11
14	视网膜 疾病	2008-8-19	2008-9-4	2008-9-6	/	2008-9-16
15	视网膜 疾病	2008-8-20	2008-9-4	2008-9-6	/	2008-9-16
16	视网膜 疾病	2008-8-20	2008-9-4	2008-9-6	/	2008-9-16
17	视网膜 疾病	2008-8-20	2008-9-4	2008-9-6	/	2008-9-16
18	视网膜 疾病	2008-8-20	2008-9-4	2008-9-6	/	2008-9-16
19	白内障 (双眼)	2008-8-20	2008-9-4	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
20	视网膜 疾病	2008-8-21	2008-9-5	2008-9-7	/	2008-9-17
21	白内障 (双眼)	2008-8-22	2008-9-5	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
22	白内障 (双眼)	2008-8-22	2008-9-5	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
23	视网膜 疾病	2008-8-22	2008-9-5	2008-9-7	/	2008-9-17
24	青光眼	2008-8-23	2008-9-5	2008-9-7	/	2008-9-15
25	青光眼	2008-8-23	2008-9-5	2008-9-7	/	2008-9-15
26	白内障 (双眼)	2008-8-23	2008-9-5	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
27	视网膜 疾病	2008-8-23	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-19
28	白内障 (双眼)	2008-8-23	2008-9-6	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
29	白内障 (双眼)	2008-8-23	2008-9-6	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
30	青光眼	2008-8-24	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-17

31	视网膜 疾病	2008-8-24	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-19
32	白内障 (双眼)	2008-8-24	2008-9-6	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
33	视网膜 疾病	2008-8-24	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-19
34	视网膜 疾病	2008-8-24	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-19
35	白内障 (双眼)	2008-8-24	2008-9-6	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
36	青光眼	2008-8-24	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-17
37	视网膜 疾病	2008-8-25	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-19
38	视网膜 疾病	2008-8-25	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-19
39	青光眼	2008-8-25	2008-9-6	2008-9-9	/	2008-9-17
40	白内障 (双眼)	2008-8-25	2008-9-6	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
41	白内障 (双眼)	2008-8-25	2008-9-7	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
42	视网膜 疾病	2008-8-26	2008-9-7	2008-9-9	/	2008-9-19
43	白内障	2008-8-26	2008-9-7	2008-9-8	/	2008-9-11
44	白内障 (双眼)	2008-8-26	2008-9-7	2008-9-8	2008-9-10	2008-9-13
45	视网膜 疾病	2008-8-26	2008-9-7	2008-9-9	/	2008-9-19
46	视网膜 疾病	2008-8-27	2008-9-8	2008-9-11	/	2008-9-21
47	视网膜 疾病	2008-8-27	2008-9-8	2008-9-11	/	2008-9-21
48	白内障	2008-8-27	2008-9-8	2008-9-10	/	2008-9-13
49	视网膜 疾病	2008-8-27	2008-9-8	2008-9-11	/	2008-9-21
50	白内障 (双眼)	2008-8-27	2008-9-9	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-20
51	视网膜 疾病	2008-8-28	2008-9-9	2008-9-11	/	2008-9-21
52	白内障	2008-8-28	2008-9-9	2008-9-10	/	2008-9-13
53	白内障 (双眼)	2008-8-28	2008-9-10	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-20
54	视网膜 疾病	2008-8-28	2008-9-10	2008-9-12	/	2008-9-22
55	视网膜	2008-8-28	2008-9-10	2008-9-12	/	2008-9-22

	疾病					
56	视网膜 疾病	2008-8-28	2008-9-10	2008-9-12	/	2008-9-22
57	白内障 (双眼)	2008-8-28	2008-9-10	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-20
58	白内障 (双眼)	2008-8-28	2008-9-10	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-20
59	青光眼	2008-8-28	2008-9-9	2008-9-11	/	2008-9-19
60	青光眼	2008-8-29	2008-9-10	2008-9-12	/	2008-9-20
61	视网膜 疾病	2008-8-29	2008-9-10	2008-9-12	/	2008-9-22
62	青光眼	2008-8-29	2008-9-10	2008-9-12	/	2008-9-20
63	白内障 (双眼)	2008-8-29	2008-9-10	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-20
64	视网膜 疾病	2008-8-29	2008-9-10	2008-9-12	/	2008-9-22
65	白内障	2008-8-29	2008-9-11	2008-9-15	/	2008-9-18
66	白内障 (双眼)	2008-8-29	2008-9-11	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-20
67	白内障	2008-8-29	2008-9-11	2008-9-15	/	2008-9-18
68	白内障 (双眼)	2008-8-29	2008-9-11	2008-9-15	2008-9-17	2008-9-20
69	视网膜 疾病	2008-8-30	2008-9-11	2008-9-13	/	2008-9-23
70	白内障	2008-8-30	2008-9-11	2008-9-15	/	2008-9-18
71	视网膜 疾病	2008-8-30	2008-9-11	2008-9-13	/	2008-9-23
72	外伤	2008-9-4	2008-9-5	2008-9-6	/	2008-9-12
73	外伤	2008-9-5	2008-9-6	2008-9-7	/	2008-9-13
74	外伤	2008-9-5	2008-9-6	2008-9-7	/	2008-9-13
75	外伤	2008-9-5	2008-9-6	2008-9-7	/	2008-9-13
76	外伤	2008-9-6	2008-9-7	2008-9-8	/	2008-9-14
77	外伤	2008-9-8	2008-9-9	2008-9-10	/	2008-9-16
78	外伤	2008-9-9	2008-9-10	2008-9-11	/	2008-9-17
79	外伤	2008-9-9	2008-9-10	2008-9-11	/	2008-9-17

附表 3

		门诊	入院	第一次手术	第二次手术	出院
1	白内障 (双眼)	2008-8-30	2009-9-12	2009-9-16	2009-9-18	2009-9-20
2	视网膜疾 病	2008-8-30	2009-9-12	2009-9-14	/	2009-9-24
3	青光眼	2008-8-30	2009-9-11	2009-9-13	/	2009-9-22

4	视网膜疾病	2008-8-30	2009-9-12	2009-9-14	/	2009-9-24
5	视网膜疾病	2008-8-30	2009-9-12	2009-9-14	/	2009-9-24
6	白内障(双眼)	2008-8-30	2009-9-12	2009-9-16	2009-9-18	2009-9-20
7	白内障	2008-8-31	2009-9-13	2009-9-15	/	2009-9-18
8	青光眼	2008-8-31	2009-9-12	2009-9-14	/	2009-9-23
9	白内障(双眼)	2008-8-31	2009-9-13	2009-9-17	2009-9-19	2009-9-21
10	视网膜疾病	2008-8-31	2009-9-13	2009-9-18	/	2009-9-25
11	视网膜疾病	2008-8-31	2009-9-13	2009-9-15	/	2009-9-25
12	视网膜疾病	2008-8-31	2009-9-13	2009-9-15	/	2009-9-25
13	青光眼	2008-8-31	2009-9-12	2009-9-14	/	2009-9-23
14	白内障	2008-8-31	2009-9-13	2009-9-15	/	2009-9-18
15	视网膜疾病	2008-9-1	2009-9-14	2009-9-16	/	2009-9-26
16	视网膜疾病	2008-9-1	2009-9-14	2009-9-16	/	2009-9-26
17	青光眼	2008-9-1	2009-9-13	2009-9-15	/	2009-9-24
18	白内障(双眼)	2008-9-1	2009-9-14	2009-9-16	2009-9-18	2009-9-22
19	白内障(双眼)	2008-9-1	2009-9-14	2009-9-16	2009-9-18	2009-9-22
20	白内障(双眼)	2008-9-1	2009-9-14	2009-9-16	2009-9-18	2009-9-22
21	视网膜疾病	2008-9-1	2009-9-14	2009-9-16	/	2009-9-26
22	白内障	2008-9-1	2009-9-14	2009-9-16	/	2009-9-19
23	视网膜疾病	2008-9-1	2009-9-14	2009-9-16	/	2009-9-26
24	视网膜疾病	2008-9-1	2009-9-14	2009-9-16	/	2009-9-26
25	白内障	2008-9-2	2009-9-15	2009-9-17	/	2009-9-20
26	白内障	2008-9-2	2009-9-15	2009-9-17	/	2009-9-20
27	白内障(双眼)	2008-9-2	2009-9-15	2009-9-19	2009-9-21	2009-9-23
28	白内障	2008-9-2	2009-9-15	2009-9-17		2009-9-20
29	视网膜疾病	2008-9-2	2009-9-15	2009-9-17	/	2009-9-27
30	视网膜疾病	2008-9-3	2009-9-16	2009-9-18	/	2009-9-28

	病					
31	视网膜疾病	2008-9-3	2009-9-16	2009-9-18	/	2009-9-28
32	白内障 (双眼)	2008-9-3	2009-9-16	2009-9-20	2009-9-22	2009-9-24
33	白内障	2008-9-3	2009-9-16	2009-9-18	/	2009-9-21
34	视网膜疾病	2008-9-3	2009-9-16	2009-9-18	/	2009-9-28
35	白内障	2008-9-3	2009-9-16	2009-9-18	/	2009-9-21
36	视网膜疾病	2008-9-3	2009-9-16	2009-9-18	/	2009-9-28
37	视网膜疾病	2008-9-3	2009-9-16	2009-9-18	/	2009-9-28
38	白内障 (双眼)	2008-9-4	2009-9-17	2009-9-21	2009-9-23	2009-9-25
39	白内障	2008-9-4	2009-9-17	2009-9-19	/	2009-9-22
40	青光眼	2008-9-4	2009-9-16	2009-9-18	/	2009-9-27
41	视网膜疾病	2008-9-4	2009-9-17	2009-9-19	/	2009-9-29
42	视网膜疾病	2008-9-4	2009-9-17	2009-9-19	/	2009-9-29
43	视网膜疾病	2008-9-4	2009-9-17	2009-9-19	/	2009-9-29
44	青光眼	2008-9-4	2009-9-16	2009-9-18	/	2009-9-27
45	白内障 (双眼)	2008-9-4	2009-9-17	2009-9-21	2009-9-23	2009-9-25
46	白内障 (双眼)	2008-9-4	2009-9-17	2009-9-21	2009-9-23	2009-9-25
47	青光眼	2008-9-4	2009-9-16	2009-9-18	/	2009-9-27
48	青光眼	2008-9-4	2009-9-16	2009-9-18	/	2009-9-27
49	视网膜疾病	2008-9-4	2009-9-17	2009-9-19	/	2009-9-29
50	视网膜疾病	2008-9-4	2009-9-17	2009-9-19	/	2009-9-29
51	白内障 (双眼)	2008-9-5	2009-9-18	2009-9-22	2009-9-24	2009-9-26
52	白内障 (双眼)	2008-9-5	2009-9-18	2009-9-22	2009-9-24	2009-9-26
53	白内障 (双眼)	2008-9-5	2009-9-18	2009-9-22	2009-9-24	2009-9-26
54	视网膜疾病	2008-9-5	2009-9-18	2009-9-20	/	2009-9-30
55	白内障 (双眼)	2008-9-5	2009-9-18	2009-9-22	2009-9-24	2009-9-26

56	青光眼	2008-9-5	2009-9-17	2009-9-19	/	2009-9-28
57	白内障 (双眼)	2008-9-5	2009-9-18	2009-9-22	2009-9-24	2009-9-26
58	白内障	2008-9-5	2009-9-18	2009-9-20	/	2009-9-23
59	白内障 (双眼)	2008-9-5	2009-9-18	2009-9-22	2009-9-24	2009-9-26
60	白内障 (双眼)	2008-9-5	2009-9-18	2009-9-22	2009-9-24	2009-9-26
61	白内障 (双眼)	2008-9-6	2009-9-19	2009-9-23	2009-9-25	2009-9-27
62	视网膜疾 病	2008-9-6	2009-9-19	2009-9-21	/	2009-10-1
63	青光眼	2008-9-6	2009-9-18	2009-9-20	/	2009-9-29
64	白内障 (双眼)	2008-9-6	2009-9-18	2009-9-20	2009-9-25	2009-9-27
65	视网膜疾 病	2008-9-7	2009-9-20	2009-9-22	/	2009-10-2
66	白内障 (双眼)	2008-9-7	2009-9-20	2009-9-24	2009-9-26	2009-9-28
67	视网膜疾 病	2008-9-7	2009-9-20	2009-9-22	/	2009-10-2
68	白内障	2008-9-8	2009-9-21	2009-9-23	/	2009-9-26
69	视网膜疾 病	2008-9-8	2009-9-21	2009-9-23	/	2009-10-3
70	视网膜疾 病	2008-9-8	2009-9-21	2009-9-23	/	2009-10-3
71	白内障	2008-9-8	2009-9-21	2009-9-23	/	2009-9-26
72	白内障 (双眼)	2008-9-8	2009-9-21	2009-9-25	2009-9-27	2009-9-29
73	白内障	2008-9-8	2009-9-21	2009-9-23	/	2009-9-26
74	视网膜疾 病	2008-9-8	2009-9-21	2009-9-23	/	2009-10-3
75	白内障	2008-9-8	2009-9-21	2009-9-23	/	2009-9-26
76	青光眼	2008-9-9	2009-9-21	2009-9-23	/	2009-10-2
77	青光眼	2008-9-9	2009-9-21	2009-9-23	/	2009-10-2
78	视网膜疾 病	2008-9-9	2009-9-22	2009-9-24	/	2009-10-4
79	白内障	2008-9-9	2009-9-22	2009-9-24	/	2009-9-27
80	白内障	2008-9-9	2009-9-22	2009-9-24	/	2009-9-27
81	视网膜疾 病	2008-9-10	2009-9-23	2009-9-25	/	2009-10-5
82	白内障	2008-9-10	2009-9-23	2009-9-25	/	2009-9-28
83	白内障 (双眼)	2008-9-10	2009-9-23	2009-9-27	2009-9-29	2009-10-1

84	白内障	2008-9-10	2009-9-23	2009-9-25	/	2009-9-28
85	白内障	2008-9-10	2009-9-23	2009-9-25	/	2009-9-28
86	白内障 (双眼)	2008-9-10	2009-9-23	2009-9-27	2009-9-29	2009-10-1
87	白内障	2008-9-10	2009-9-23	2009-9-25	/	2009-9-28
88	青光眼	2008-9-10	2009-9-22	2009-9-24	/	2009-10-3
89	白内障 (双眼)	2008-9-10	2009-9-23	2009-9-27	2009-9-29	2009-10-1
90	视网膜疾 病	2008-9-11	2009-9-24	2009-9-26	/	2009-10-6
91	视网膜疾 病	2008-9-11	2009-9-24	2009-9-26	/	2009-10-6
92	青光眼	2008-9-11	2009-9-23	2009-9-25	/	2009-10-4
93	白内障 (双眼)	2008-9-11	2009-9-24	2009-9-28	2009-9-30	2009-10-2
94	白内障 (双眼)	2008-9-11	2009-9-24	2009-9-28	2009-9-30	2009-10-2
95	青光眼	2008-9-11	2009-9-23	2009-9-25	/	2009-10-4
96	白内障 (双眼)	2008-9-11	2009-9-24	2009-9-28	2009-9-30	2009-10-2
97	外伤	2008-9-11	2009-9-12	2009-9-13	/	2009-9-19
98	白内障 (双眼)	2008-9-11	2009-9-24	2009-9-28	2009-9-30	2009-10-2
99	视网膜疾 病	2008-9-11	2009-9-24	2009-9-26	/	2009-10-6
100	白内障	2008-9-11	2009-9-24	2009-9-26	/	2009-9-29
101	视网膜疾 病	2008-9-11	2009-9-24	2009-9-26	/	2009-10-6
102	视网膜疾 病	2008-9-11	2009-9-24	2009-9-26	/	2009-10-6