

# 医院集团分布式资源分配的分级诊疗技术研究\*

李蓓蓓<sup>1</sup>, 吴卫青<sup>2</sup>, 李静<sup>2</sup>, 唐国春<sup>1</sup>

(1. 上海第二工业大学 工学部, 上海 201209; 2. 上海市第一人民医院 群工处, 上海 200080)

**摘要:**【目的】为了实现三级甲等医院资源优化分配,改善医院目前存在的资源分配问题,采用远程会诊、远程检查、预约挂号、远程培训/考试等模块,提出一种信息化技术设计方法。【方法】首先,对数据库中已诊疗的病人数据进行分析,包括病人性别、年龄、所接受检查项目,根据不同指标优化获得最优权数。其次,对已诊疗的病人诊断及手术方案特征加以描述、分类,用数据指标表示。再次,采用人工学习把当前病人各项检查数据与已诊疗病人在数据库中的数据进行比较,根据病人身体各项数据权值,结合各项检查数据,带入一定数学描述函数,得出当前病人诊断及手术方案。最后,对该诊断及手术方案所需医生和设备给以定量描述,把病人诊断及手术方案通过数学描述转换成医生和设备需要量描述。【结果】根据上述优化方法,设计出相应信息化管理软件,在相关医院科室中已为医生诊疗提出一定的参考建议,对医院设备使用进行优化分配。【结论】经临床验证,该方法有利于提高医院资源分配效率以及看病效率,节约看病成本,在后续研究中将考虑提高系统精度和稳定性,对系统进行再优化。

**关键词:**集团化;分布式;权数矩阵;分级诊疗;远程会诊

**中图分类号:**O29;R-058

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-6693(2018)04-0125-10

随着医疗卫生体制改革的不断深入,医疗资源一体化工作逐渐成为关注焦点,也是新医改前一阶段工作的延续、扩展和深化,它将基层医疗机构建设、改革,公立医院改革、医保付费制度改革综合在一起,以一种更加系统、协调、完整的方式来深化医改,促进医疗制度的完善。区域医疗资源一体化是指对同一个区域内的医疗资源进行整合,由一所三级医院联合若干所二级医院和社区卫生服务中心组成的跨行政隶属关系、跨资产所属关系的医疗机构联合体。在区域医疗资源一体化过程中,信息化技术起着非常重要的作用。充分利用信息化技术的发展,实现信息互通与共享,将成为促进区域医疗资源一体化发展的一个重要动力<sup>[1]</sup>。为了实现信息互通与共享,提高资源利用效率,本文提出一种远程信息化技术设计方法,采用远程会诊、远程检查、预约挂号、远程培训/考试等方式进行。

## 1 医院集团化管理中分级诊疗技术在国内外的经验与教训

### 1.1 国际区域分级诊疗技术进展

国际上从20世纪70年代就已经开始探索医疗资源管理对医疗成本和质量的影响。最经典的是Smith-Daniels等人<sup>[2]</sup>对医院资源管理研究文献进行的全面综述,将医疗资源划分为医院设施、人力和设备3种类型,并分别讨论这些资源配置和调度问题的研究现状。Jack等人<sup>[3]</sup>从医院需求管理、能力管理和绩效管理这3方面综述了1986—2006年的463篇文章,认为需求和能力匹配对医疗组织绩效的影响至关重要,提出将需求管理、能力管理和绩效管理集成的研究框架。目前,此领域的研究主要针对医院内部资源配置和调度方面,而对于区域协同和应急情况下资源配置和调度的文献相对匮乏。

### 1.2 国内区域分级诊疗技术进展

国内对区域医疗资源协同管理研究近年来也有一定发展。陈俊国等人<sup>[4]</sup>通过对目前综合型医院和社区医疗服务发展现状及所面临的问题进行分析,提出建立综合型医院辐射社区医疗服务的网络模式,合理分配并充分利用区域卫生资源,实现医疗信息高度共享,缓解医疗服务供需矛盾。王淑等人<sup>[5]</sup>提出区域内各级各类医院

\* 收稿日期:2017-06-07 修回日期:2018-04-20 网络出版时间:2018-07-26 16:50

资助项目:上海申康医院发展中心管理课题(No. 2014SKMR-05)

第一作者简介:李蓓蓓,女,副教授,博士,研究方向为图形图像处理, E-mail: libeibei@126.com;通信作者:吴卫青,主管技师, E-mail: wuweiqing25@163.com

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20180726.1650.038.html>

需要建立一个长期、稳定的合作平台,即区域协同医疗信息系统,并促使各子系统间在医院管理和医疗诊治等方面更直接交流和全方位合作。同时建立了医疗区域协同管理模型,指出区域协同医疗是区域内不同级别医院相互支持,共享患者部分资料以简化医疗流程,方便患者就医,减轻患者负担。目前,国内外学者对医院关键资源协同优化研究,主要从区域医疗协同系统概念、模型、机制等方面进行了探讨,并将医院信息化作为实现医院关键资源协同优化的重要手段。但是,关于各级医院分级协同服务模式的规范、各级医院关键资源的信息化建设、在线医疗服务内容和流程的设计等具体问题的研究较少。

## 2 医院集团分布式资源分配的分级诊疗技术

远程医疗是网络科技与医疗技术结合的产物,通常包括:远程诊断、专家会诊、信息服务、在线检查和远程交流等。以计算机和网络通信为基础,实现对医学资料和远程视频、音频信息的传输、存储、查询、比较、显示和共享。图 1 为上海申康医院发展中心(简称申康中心)数据共享示意。

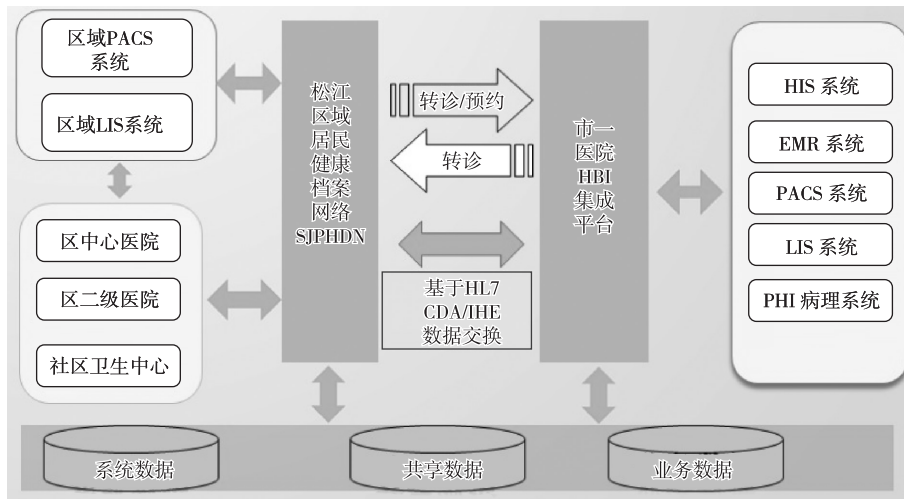


图 1 申康中心数据共享示意

Fig. 1 Data sharing schematic diagram of Shanghai Medical Group

申康中心集团化管理案例中,采用相应软件进行预约挂号。以松江区域肿瘤临床业务信息协同系统为例,登陆界面有两个入口,一个是医生登陆入口,另一个是病人登陆入口。医生登陆指医生选择所在医疗机构的代码然后采用工号及对应密码验证登陆。病人登陆以医保卡号及病人姓名,并用身份证相关信息进行验证登陆。病人登陆后相关数据如图 2 所示。医生登陆后可以看到最新信息提醒内容,主要包括病人随访提醒表(图 3)、转诊病人列表、需转回病人列表等。不同医疗机构医生登陆系统都会有不同角色身份,系统管理员可以根据医生工作性质分配不同角色。

规范化系统病历 (结直肠癌)

---

姓名:  性别:  年龄:  籍贯:

民族:  婚姻:  单位及职业:

地址:  入院日期:

病历采集日:  病历陈述者:  可靠性:

主述:

---

腹痛: 有 无, 部位: , 腹胀: 有 无

腹泻: 有 无, 便秘: 有 无, 血便: 有 无

贫血: 有 无, 腹块: 有 无

腹部肿块: 有 无, 部位: , 大小: , 质地: 硬 韧

图 2 病人相关数据

Fig. 2 Patient database

在该系统中,病人档案建立后就需要医生制定病人筛查计划,这在病人后续评估中将起到非常重要的参考作用<sup>[6]</sup>。病人可以选择在本医疗机构或去其他医疗机构进行筛查。如果去其他医疗机构,还需填写预约时间。系统会自动筛查该项目的预约情况,病人只需按时去相应医疗机构检查即可。如果修改筛查计划,则会重新预约。病人做完所有检查,并且检验科室给出检查报告之后,医师即可通过信息系统“进行评估”,也可以直接点击页面左边树中“检验报告”、“检查报告”及“影像报告”进行查看。然后对病人进行评估,评估结束之后点击“确定”,如图 4 所示。根据评估结果,医生可以进一步制定诊疗方案。

病人住院记录

病人卡号: 000000xxxx 病人姓名: 王 × × 电子病历

术后放疗: 有, 时间: 1900-02-14----1900-02-26

放疗剂量: 23123Gy/324324Fx/

副反应(度): 恶心呕吐、腹泻、肠梗阻、WBC、BPC、其他: 324

---

随访

---

第12次随访, 时间: 21434

症状: 有(腹痛、腹胀、血便、其他: 123123)

专科体检: 阳性(腹部肿块、左锁骨上淋巴结、其他: 2312), 大便隐血: 无, CEA: 213CA199: 213

图 3 病人随访提醒表

Fig. 3 Remind schedule of patient follow-up

病人筛查记录

病人卡号: R0087xxxx 所属机构: 上海市第一人民医院 查询

病人姓名	筛查机构	添加人	添加时间	评估日期	操作
沈 × ×	上海市第一人民医院	陈 × ×	2011-5-18 17:25:18	进行评估	详细筛查内容 删除

添加新的筛查

图 4 病人检查报告

Fig. 4 Reports of patient

由于每个医院实际情况不同,真正进行远程会诊时工作流程也各不相同,不同工作流程可以通过平台进行定制。一个完整远程会诊流程应具备如下 5 个步骤:挂号/预约、检查、会诊、结果、反馈。在预约挂号和远程检查结束之后形成一个评估结果,医生可以根据上面的评估结果进行会诊<sup>[7]</sup>。病人可以选择在本院治疗,也可转诊至其他医院,如图 5 所示。本院治疗主要分为“手术”和“化疗”:如果选择了“手术”,则需要直接输入住院号及诊断相关信息;如果选择“化疗”,则需要根据诊疗套餐选择不同治疗方案。这些套餐都是由具有相关资质的专家医师进行维护。

上面介绍了分级诊疗系统的用户交互界面。病人、医生等各项数据可以通过界面输入,并存入相应数据库。上述界面所显示的数据结果,为医生提供参考,医生根据结果和临床经验制定出最终的诊断及治疗方案。下面介绍它的内部算法。

转诊信息确认

病人卡号: 13840100453xxxx

病人姓名: 李 × ×

转诊医疗机构: 上海市第一人民医院(南院)

转诊医生姓名: 许 × ×

转诊病区名称: 肿瘤放疗专家门诊

转诊预约时间: 2011-05-10 上午

确认 重选

图 5 转诊信息确认

Fig. 5 Confirmation of referral information

### 3 医院集团分布式资源分配的分级诊疗具体设计

在申康中心集团化管理中,远程医疗技术应用的多元化主要表现在通用化、专业化、小型化和一体化方面<sup>[8-9]</sup>。

#### 3.1 分级诊疗技术所需数据

3.1.1 病人数据 病人数据包括病人基本数据和临床数据。病人基本数据是指姓名、性别、年龄等,临床数据指各项检查数据。

病人基本数据用向量  $\mathbf{M}$  表示,  $\mathbf{M}=[p, s, a]$ , 用于初始化数据分类。其中:  $p$  表示病人身份, 在系统处理中采用病人医保卡号作为身份识别标识, 病人姓名作为备用标识, 因此在处理时  $p$  有 2 个值;  $s$  表示病人性别, 因为在部分病例处理中不同性别诊疗过程也不一样;  $a$  表示病人年龄, 根据不同病科把病人年龄进行分段分析, 不同年龄段所采取的处理方法也不同。根据病人的这些基本数据可以进行初始分类, 把需要诊断的病人归入对应样本进行分析。

病人临床数据用向量  $\mathbf{C}$  表示,  $\mathbf{C}=[c_1, c_2, \dots, c_q]$ 。其中,  $c_1, c_2, \dots, c_q$  表示在各项检查中获得的数据。例如, 在肺炎诊断过程中, 它表示某位病人的血常规检查数据,  $c_1=[c_{11}, c_{12}, \dots, c_{1r}]$ 。其中:  $c_{11}$  表示红细胞(RBC);  $c_{12}$  表示血红蛋白(Hb);  $c_{13}$  表示白细胞(WBC);  $c_{14}$  表示红细胞比容(HCT);  $c_{15}$  表示血小板(PL)。

3.1.2 医生数据 医生数据包括医生基本数据和专业数据。医生基本数据是指医生编号、职称、时间安排等, 专业数据是指医生所从事各种疾病诊断的特长分类。医生基本数据用向量  $\mathbf{D}_m$  表示,  $\mathbf{D}_m=[d, l, t]$ 。其中: 医生变量  $d$  的含义与病人变量  $p$  基本相似;  $l$  表示医生职称, 指在医生各种职称等级中当前所选取医生所在的等级, 可用具体数值来表示;  $t$  表示医生可用时间, 将医生时间按固定时间段分成若干部分并进行编号, 可用具体数值来表示。

医生专业数据用于定量描述医生的专业特长。例如, 某医生擅治肝胆病、糖尿病、急慢性心衰、肺部疾病、中风、冠心病、肿瘤及颈肩腰腿痛等 8 种疾病。在这 8 种疾病中, 根据治疗效果分别赋予一个数值, 于是该医生专

业数据就可以得到矩阵  $\mathbf{D}_t = \begin{bmatrix} t_{11} & \dots & t_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ t_{m1} & \dots & t_{mn} \end{bmatrix}$ , 其中:  $m$  是病科个数;  $n$  是子分类个数。从该矩阵中可以看出, 每个

病科都分成了相同的子分类, 这里取最多的子分类, 如果子类数量不够, 后面的数据取 0。这样就可以用一个矩阵描述上述擅长 8 种疾病的医生专业水平。

3.1.3 设备资源数据 设备资源数据也同样分成两部分, 一是设备基本数据, 二是设备专业数据。设备基本数据用向量  $\mathbf{M}_m$  表示,  $\mathbf{M}_m=[f, y, b, t]$ 。其中:  $f$  表示设备编号;  $y$  表示设备年限;  $b$  表示设备品牌;  $t$  表示设备可用时间, 将设备时间按固定时间段分成若干部分并进行编号, 可用具体数值来表示。

设备专业数据与医生专业数据相似, 用  $\mathbf{M}_t = \begin{bmatrix} t_{11} & \dots & t_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ t_{m1} & \dots & t_{mn} \end{bmatrix}$  表示。其中  $\mathbf{M}_t$  的每行表示一台设备的测量值,

$m$  台设备组成一个  $\mathbf{M}_t$  矩阵。

3.1.4 诊疗方案数据 诊疗方案数据包括诊断数据和治疗数据。诊断数据用矩阵  $\mathbf{D}_d = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ d_{m1} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix}$  表示。

其中:  $\mathbf{D}_d$  中的每个元素表示每个病种状况, 分别用不同数值表示, 最大值是 10, 最小值是 0。

治疗数据用矩阵  $\mathbf{T}_d = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ d_{m1} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix}$  表示。其中  $\mathbf{T}_d$  的每个元素表示每个病种的治疗方案, 分别用不同数值

表示。

#### 3.2 分级诊疗技术设计方法

3.2.1 计算病人诊断和治疗方案 对数据库中病人原有数据进行分析, 根据不同指标优化出最优权数。对各项

检查数据,包括手术前检查和历史检查数据,建立数据库。对病人原有诊断及手术方案特征加以描述并进行分类,用数据指标形式表示出来。采用人工学习方法,把病人各项检查数据库与诊断及手术方案进行一一对应,得出病人各检查数据的权值。根据病人各项身体数据权值,结合当前各项检查数据,带入一定数学描述函数,得出病人当前诊断及手术方案。

为了准确快速得出诊断及手术方案,由上海市第一人民医院(隶属申康中心)专科医生依据专业知识提出建议,根据病人各项检查的当前及历史数据制定出初始权数。病人各项检查数据繁多,利用医学经验及大数据计算两者之间的关系,得出合理的病人检查数据权重。

根据数据库中原有病人基本数据矩阵  $M$  和临床数据矩阵  $C$ ,分别赋予矩阵  $M$  和  $C$  一个权数矩阵  $W_1$  和  $W_2$ ,主要目的有:1)为了解决数据库数据如  $M$  和  $C$  的行数、列数不同带来的运算困难,由于  $W_1$  和  $W_2$  的介入使得  $M$  和  $C$  可进行运算得出矩阵  $P$ ;2)为了后续神经网络调整运算,经过多次优化得出合理权数值。权数矩阵  $W_3, W_4$  等类似。病人原始数据矩阵为

$$P=W_2CW_1M. \quad (1)$$

初始权数矩阵  $W_1$  和  $W_2$  取  $1$  矩阵,经过训练改进其值。查看病人诊断结果,就是计算诊断数据矩阵  $D_d$  的过程,即根据病人原始数据矩阵  $P$  计算出数据矩阵。令:

$$D_d=W_3PW_4, \quad (2)$$

其中,初始权数矩阵  $W_3, W_4$  取  $1$  矩阵,经过训练改进其值。同理,令:

$$T_d=W_5D_dW_6, \quad (3)$$

其中,初始权数矩阵  $W_5, W_6$  取  $1$  矩阵,经过训练改进其值。

3.2.2 分配病人医生与设备 将获得的上述病人诊断及手术方案,通过采用数学描述方程转换成医生和设备需要的变量进行描述。根据各医院资源进行分配,确定病人需要在哪里进行手术治疗。把治疗及手术方案采用一组向量形式表示,医院资源也同样用一组向量形式来表示,它们是一组动态向量。由现有数据可以得出两组向量关系,用于病人当前资源分配的依据。

这里采用的数学描述方程组中,每个描述方程定义一个输入。每个描述方程拟采用支持向量机方程。输入为病人检查数据,输出为诊断及手术方案的定量指标。

1) 分配医生。根据病人治疗数据矩阵  $T_d$  和每一位医生专业数据矩阵  $D_t$ ,选择合适医生进行治疗。引入矩阵  $T_t$ ,它的行数和列数与某一医生专业数据矩阵  $D_t$  相同。令  $T_t=W_7D_mW_8$ ,初始权数矩阵  $W_7, W_8$  取  $1$  矩阵,经过训练改进其值。令:

$$S_i=T_tD_t, \quad (4)$$

其中  $i$  为医生编号。 $S_i$  为一个  $s \times t$  的矩阵,表示编号为  $i$  的医生在  $s$  病科  $t$  子分类科的评分。假设医院一共有  $n$  位医生,需要在  $x$  病科  $y$  子分类科选取一位评分最高的医生,则  $S=\max(S_{1xy}, S_{2xy}, \dots, S_{ixy}, \dots, S_{nxy})$ ,然后由选得的  $S_i$  值最大的医生进行下一步治疗。

2) 分配设备。根据病人治疗数据矩阵  $T_d$  和每一台设备基本数据矩阵  $M_m$ ,选择合适设备进行治疗。引入矩阵  $X_t$ ,它的行数和列数与某一台设备基本数据矩阵  $M_m$  相同。令  $X_t=W_7M_mW_8$ ,初始权数矩阵  $W_7, W_8$  取  $1$  矩阵,经过训练改进其值。令:

$$Y_i=X_tM_t, \quad (5)$$

其中  $i$  为设备编号。假设医院一共有  $n$  台设备,则  $Y=\max(Y_1, Y_2, \dots, Y_i, \dots, Y_n)$ ,所以选取  $Y_i$  值最大的设备进行下一步治疗。

3.2.3 计算检查数据的权重 把医院原有数据中相似病例的病人诊断和手术结果与当前结果进行对比,将手术后会产生的各种评价指标进行比较和评判,判断出当前所制定的诊断及手术方案与理想诊断及手术方案之间的差距,采用神经网络方法优化上述数学函数,得到最优诊断及手术方案。由于治疗及手术方案都进行了数据化处理,手术后产生的各种评价指标也采用数值形式表示。可以与理想诊断及手术方案之间产生一个差值,用差值优化治疗及手术方案,并与原有检查数据进行权衡,在保证治疗效果的前提下优化并提高治疗及手术的服务质量。

每个检查数据权重值是一个长度为 4 的向量。把某种疾病的治疗及手术方案经过数据化处理后,也是一组

向量。检查数据得出的向量为输入向量,治疗及手术方案得出的向量为输出向量。利用上海市第一人民医院现有不同病人的检查数据,得出大量输入向量和输出向量。采用支持向量机方法,拟合出各项检查数据与每一种治疗及手术方案曲线图,从而得出权重值长度为 4 的向量。

### 3.3 神经科成功案例

3.3.1 病人数据 病人数据包括病人基本数据  $\mathbf{M}$  和病人临床数据  $\mathbf{C}$ 。在神经科诊断过程中,常规检查有:CT、脑电图、经颅多普勒超声和血流变学检查等。因此,  $\mathbf{c}_1$  表示某位病人头部 CT 检查中获得的数据,  $\mathbf{c}_1 = [c_{11}, c_{12}, \dots, c_{1r}]$ 。其中:  $c_{11}$  表示有无脑出血;  $c_{12}$  表示有无脑梗塞;  $c_{13}$  表示有无动脉瘤;  $c_{14}$  表示有无血管畸形;  $c_{15}$  表示有无外伤等。同理,  $\mathbf{c}_2$  表示某位病人脑电图检查中获得的数据,  $\mathbf{c}_2 = [c_{21}, c_{22}, \dots, c_{2r}]$ 。其中:  $c_{21}$  表示  $\alpha$  频段频率;  $c_{22}$  表示  $\beta$  频段频率;  $c_{23}$  表示  $\theta$  频段频率;  $c_{24}$  表示  $\delta$  频段频率;  $c_{25}$  表示波幅等。  $\mathbf{c}_3$  表示在经颅多普勒超声检查中获得的数据,  $\mathbf{c}_4$  表示在血流变学检查中获得的数据。矩阵  $\mathbf{C}$  的行数为所需要用到检查的种类数,列数为采用各项检查中数据量最大项检查数据的个数,如果其他数据量不足,矩阵中所对应的元素取 0。

3.3.2 医生数据 医生基本数据  $\mathbf{D}_m$  和医生专业数据  $\mathbf{D}_l$ 。其中  $\mathbf{D}_m$  中各指标取值为:  $l=1$ ,指医生中级职称;  $l=2$ ,指副高级职称;  $l=3$ ,指高级职称;  $t=1$ ,指医生周一可用;  $t=2$ ,指医生周二可用,以此类推。神经内科医生主

治神经内科疾病,同时也治疗相关学科疾病。例如,某医生的专业数据为  $\mathbf{D}_l = \begin{bmatrix} 2 & \dots & 1 \\ \vdots & & \vdots \\ 8 & \dots & 4 \end{bmatrix}$ ,其中  $\mathbf{D}_l$  是一个  $r \times s$

的矩阵。该矩阵中,  $D_{t11}, D_{t15}, D_{t17}$  和  $D_{t18}$  这 4 个元素的值分别是 2, 1, 8, 4, 表示该医生从事 4 个领域的研究,且在这些领域的专业水平与该医院从事相同领域研究的医生比较,分别处于医院整体水平的 20%, 10%, 80% 和 40%。其中,该医生最擅长治疗神经内科脑血管疾病,治疗水平处于 80% 以上。其次,该医生擅长治疗痴呆疾病,治疗水平位于 40% 以上。除了治疗神经内科疾病以外,该医生还治疗心脏科疾病,其中治疗冠心病的水平位于 20% 以上,治疗先天性心脏病的水平位于 10% 以上。

3.3.3 诊疗方案数据 诊断和治疗矩阵用于描述神经内科病人经过医生诊断后得出的诊断结果和治疗建议。例

如,某位病人经医生诊断后,得到的数据表示为:  $\mathbf{D}_d = [1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]$ ,  $\mathbf{T}_d = \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots \\ 1 & \dots & 0 \end{bmatrix}$ 。  $\mathbf{D}_d$  表示该病人

可能会患有 2 种不同的疾病,分别为神经内科脑血管疾病和痴呆疾病;  $\mathbf{T}_d$  中的每行表示该病人是否进行药物治疗以及各种康复治疗,具体元素表示具体的治疗方法。

3.3.4 设备分配数据 根据病人各项检查数据和基本数据,可以推算出相应治疗方案。在对应治疗方案中,有些神经科病人会用到相应仪器治疗,如需要仪器则可优化得出相应的  $\mathbf{W}_7, \mathbf{W}_8$  值;如不需要仪器则输出为 0,得出  $\mathbf{W}_7, \mathbf{W}_8$  均为 0。因此,在设计过程中需要结合人工判断是否需要仪器治疗,在后续研究中会进一步优化该判断过程,提高自动化程度。在模型中把仪器放入矩阵  $\mathbf{M}_l$ ,每一行分别表示等速肌力训练仪等 6 种训练仪器的专业参数。

3.3.5 神经网络的参数设定 在神经网络模型中,输入数据主要是病人、医生和设备基本数据,即根据各项检查结果得出矩阵  $\mathbf{C}$  和  $\mathbf{M}$  等。诊疗、治疗方案、医生和设备分配数据作为神经网络的输出,也就是优化后的结果。采用神经网络的目的是经过训练得出最优权数矩阵  $\mathbf{W}_1, \mathbf{W}_2, \dots, \mathbf{W}_8$ 。为了得出最优权数矩阵,需要对原始权数矩阵进行训练,系统收集了上海市第一人民医院神经科 20 个完整诊断和诊疗方案以及需要用到仪器设备,对原始样本进行训练,得出优化后的权数矩阵。据此,可以进一步进行诊断、治疗以及设备分配的判断,并不断改进原始数据优化出更合理的权数矩阵。

3.3.6 医生和设备的选择 上节提到的神经网络系统中,输出诊断和治疗方案可能多解,需要医生凭借经验人工参与,作进一步优化处理。医生和设备的选择是唯一的,需要系统给出确切的结果。根据神经网络中得出的数据,利用(4),(5)式得出最优解,达到资源优化的目的。

3.3.7 实验结果分析 1) 病人数据。在实验中选取 10 位病人,具体检查项目及结果如表 1 所示。

在此实验中,头颅 MRI 检查用矩阵  $\mathbf{C}$  的第 1 行表示,头颅 NRI 检查用第 2 行表示,头颅 CT 检查用第 3 行表示。头颅 MRI 检查一共有 7 个项目,按先后顺序排列,在病人检查结果中出现某项则对应位置的值为 1,否则

为 0。例如,第 1 位病人  $c_1=[1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$ ,  $c_2=c_3=[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$ 。

表 1 病人检查项目和结果

Tab.1 Report of patient for physical examination

病人	头颅检查项目	结果
1	MRI	桥脑右份急性脑梗死,右额叶白质区缺血灶
2	MRI	右侧基底节区及邻近额颞叶急性脑梗塞
3	CT	右侧基底节区出血,量约 20 mL
4	NRI	双侧额顶叶皮层下及深部多发缺血梗塞灶,其中右侧放射冠区及右侧额顶叶皮层下急性梗死灶
5	CT	右侧基底节区脑出血
6	MRI	桥脑右份急性脑梗死,右侧放射冠、基底节软化灶周围胶质增生
7	CT	左侧额顶叶较大脑内血肿,中线结构右移约 8 mm;大脑镰稍宽,密度增高
8	MRI	桥脑左粉近期发生的脑梗塞,双侧额颞叶顶叶深部白质多发缺血灶
9	CT	右额叶脑内血肿,破入脑室,中线结构移位;蛛网膜下腔出血
10	CT	左侧额、颞、顶叶大面积梗塞灶

头颅 CT 检查一共有 8 个项目,与头颅 MRI 检查不同,头颅 CT 检查项目中会出现具体的检查数据,可以在同一位置用不同数值表示。例如,第 3 位病人做了头颅 CT 检查,第 3 位病人  $c_1=c_3=[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$ ,  $c_2=[20 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$ 。由于第 1 位与第 3 位病人的  $c_1, c_2$  和  $c_3$  的长度不一致,为了一致,在第 1 位病人的  $c_1, c_2$  和  $c_3$  后面补 0,即第 1 位病人  $c_1=[1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$ ,  $c_2=c_3=[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$ 。以此类推,10 位病人都有自己的  $c_1, c_2$  和  $c_3$ ,组成各自的  $C$ 。

2) 诊断结果数据。这 10 位病人的诊断结果如表 2 所示,分别出现了脑梗死、脑出血、II 型糖尿病、高血压病、脑出血后遗症、房颤和前列腺增生 7 种诊断结果,用矩阵  $D_d$  来表示。

根据表 2 可知,病人诊断结果有 7 种,因此  $D_d$  是一个  $1 \times 7$  的矩阵。把  $D_d$  和  $P$  带入(2)式,可知  $W_3$  是一个  $1 \times 3$  的矩阵,  $W_4$  是一个  $8 \times 7$  的矩阵,初始值均为 1 矩阵。

3) 治疗方案。10 位病人的治疗方案分成药物治疗、康复治疗 and 仪器治疗 3 种,分别如表 3, 4, 5 所示。用矩阵  $T_d$  表示,  $T_d$  的表示方法与  $C$  相似。

表 3 中一共有 37 种药物,其中重复 7 种,因此,  $T_d$  中第 1 行的长度为 30。

康复治疗由矩阵  $T_d$  中第 2 行表示,由于  $T_d$  的第 1 行有 30 个元素,因此第 2 行也是 30 个元素。表 4 中一共有 20 种康复治疗方法,其中重复 10 种,不重复的康复治疗方法有 10 种,取  $T_d$  中第 2 行前面 1~10 个元素不为 0,后面 11~30 个元素为 0。

仪器治疗由矩阵  $T_d$  中第 3 行表示,表 3 中一共有 23 种仪器治疗方法,其中重复 10 种,不重复的方法有 13 种,取  $T_d$  中第 3 行前面 1~13 个元素不为 0,后面 14~30 个元素为 0。代入(3)式,其中  $W_5$  是一个  $3 \times 6$  的矩阵,  $W_6$  是一个  $8 \times 6$  的矩阵,初始值均为 1 矩阵。

3.3.8 权数矩阵分析 由(1)~(3)式及 3.3.4 节的数据可知,如果令  $C$  是一个  $1 \times 7$  的矩阵,则  $D_d$  是一个  $1 \times 7$  的矩阵,  $M$  是一个  $1 \times 6$  的矩阵,  $T_d$  是一个  $3 \times 30$  的矩阵。经推导,  $W_1$  是一个  $1 \times 2$  的矩阵,  $W_2$  是一个  $7 \times 1$  的矩阵,  $W_3$  是一个  $1 \times 3$  的矩阵,  $W_4$  是一个  $8 \times 6$  的矩阵。本案例有 10 个样本,产生 10 个  $W_1, W_2, W_3, W_4, W_5$  和  $W_6$  矩阵,可作为预测各种治疗方案的依据。根据样本数据可以产生对应的权数数值,根据对应的权数数值进行仿真,从而得出相应的后续矩阵值。  $W_1, W_2$  描述的是病人基本数据和检查数据之间的关系,由于  $W_1$  和  $W_2$  之间行数与列数不同,用矩阵  $C$  和  $M$  介入,使之变成一个矩阵  $P$ 。同时,  $P$  与描述诊断数据矩阵  $D_d$  之间维数也不同,因此需要用  $W_3$  与  $W_4$  来介入,使  $P$  与  $D_d$  建立关系。图 6 描述了  $W_1$  与  $W_2$  矩阵部分数据曲线。

表 2 诊断结果

Tab.2 Patient diagnosis

病人	诊断结果
1	脑梗死; II 型糖尿病
2	脑梗死; 高血压病; 房颤
3	脑出血; 高血压病
4	脑梗死; 高血压病
5	脑出血; 高血压病; II 型糖尿病; 前列腺增生
6	脑梗死; 高血压病; 脑出血后遗症
7	脑出血; II 型糖尿病
8	脑梗死; 高血压病; II 型糖尿病
9	脑出血; 高血压病
10	脑梗死; 高血压病

表 3 药物治疗方案

Tab. 3 Plan of medicine treatment

病人	治疗方案
1	抗血小板聚集(拜阿司匹林+泰嘉);调脂固斑(瑞舒伐他汀);降糖(格华止+孚来迪)
2	抗凝(华法林);降压(科素亚);调脂(瑞舒伐他汀);降低心率(他乐克)
3	降低肌张力(替扎尼定);降脂(非诺贝特);降压(海捷亚+拉西地平)
4	抗血小板聚集(拜阿司匹林);调脂(瑞舒伐他汀);降压(缬沙坦)
5	降压(代文);降糖(瑞格列奈);治疗前列腺增生(保列治)
6	抗血小板聚集(泰嘉);降压(双克+美卡素+他乐克);调脂(瑞舒伐他汀);改善脑代谢(胞磷胆碱钠)
7	抗血小板聚集(拜阿司匹林);调脂(瑞舒伐他汀);降压(络活喜);降糖(格列美脲+格华止+拜糖平)
8	调脂(瑞舒伐他汀);预防癫痫(丙戊酸钠片);改善脑代谢(胞磷胆碱钠)
9	降压(依伦平);调脂(瑞舒伐他汀);改善脑代谢(胞磷胆碱钠)
10	降压(依伦平);调脂(瑞舒伐他汀);改善脑代谢(胞磷胆碱钠)

表 4 康复治疗方案

Tab. 4 Plan of recovery treatment

病人	治疗方案
1	偏瘫肢体综合训练;运动疗法;作业疗法;平衡功能训练;脑电治疗
2	偏瘫肢体综合训练;运动疗法;作业疗法;平衡功能训练;针灸
3	偏瘫肢体综合训练;运动疗法;作业疗法;平衡功能训练;气压治疗
4	偏瘫肢体综合训练;运动疗法;作业疗法;平衡功能训练;气压治疗
5	偏瘫肢体综合训练;运动疗法;作业疗法;平衡功能训练;言语训练;认知功能训练
6	偏瘫肢体综合训练;运动疗法;作业疗法;平衡功能训练;脑电治疗;针灸
7	偏瘫肢体综合训练;运动疗法;作业疗法;平衡功能训练;言语训练;认知功能训练
8	偏瘫肢体综合训练;运动疗法;作业疗法;平衡功能训练;针灸
9	偏瘫肢体综合训练;运动疗法;作业疗法;平衡功能训练;构音障碍训练;吞咽功能障碍训练
10	偏瘫肢体综合训练;运动疗法;作业疗法;平衡功能训练;言语训练;认知功能训练;针灸

图 6 是样本为 10 的权数矩阵经过 1 次迭代后的模拟效果。图 6a, b 是 10 个样本产生权数矩阵  $W_1$  中第 1 行第 1 个数字和第 2 个数字的变化规律,虽然系统按病人的临床数据进行了排序,但是由于  $W_1$  在本次迭代中是一个  $7 \times 3$  的矩阵,未看出有规律变化。从这 2 张图中可以看到,初始权数矩阵中元素值变化有一定随机性,因为所选病人基本数据的属性随机性较大,如年龄、性别、健康状况等。图 6c 是病人样本数为 10 时权数矩阵  $W_2$  中第 1 个数字的变化规律。可以根据这些权数数据,计算出对应诊断及治疗方案矩阵。由于按病人病情进行了排序, $C$  有规律地变化, $M$  也有规律地变化。在本次迭代中, $W_2$  是一个  $1 \times 2$  的矩阵,因此  $W_2$  也随之有规律的变化。但第 1 次迭代,权数矩阵的数据变化幅度较大。

表 5 仪器治疗方案

Tab. 5 Plan of medical apparatus treatment

病人	治疗方案
1	下肢主被动康复治疗;等速肌力训练仪
2	等速肌力训练仪;康复减重架
3	康复减重架;训练用阶梯;功率自行车
4	康复减重架;训练用阶梯;功率自行车
5	电动起立床;功率自行车,股四头肌训练仪
6	等速肌力训练仪;功率自行车
7	康复减重架;训练用阶梯
8	下肢主被动康复治疗;等速肌力训练仪
9	电动起立床;下肢主被动康复治疗
10	电动起立床;等速肌力训练仪



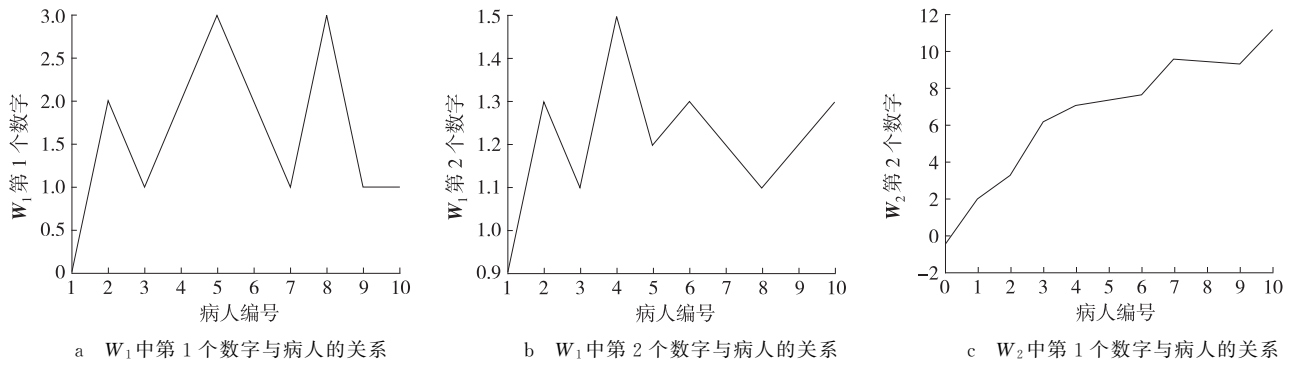


图6 10个样本的权数矩阵值曲线

Fig. 6 Weight matrix curves of 10 samples

## 4 结论

从本案例结果来看,通过信息化技术实现了资源优化分配基础上的分级诊疗,可以对远程病人进行诊断和治疗,实现了医生和设备的优化分配,提高了医院看病效率。在后续研究中,将考虑提高系统精度和稳定性,对系统进行再优化,特别是诊断和治疗部分,将进一步改善系统性能。远程医疗信息化技术的应用对于申康中心集团化管理起到了一定推动作用,通过信息化技术可以实现建设以三级甲等综合医院为核心的基层远程会诊系统和以部属(管)综合医院为核心的高端远程会诊系统,逐步实现远程会诊、远程专科诊断、远程监护、远程手术指导、远程教育、视频会议、远程数字资源共享、双向转诊、远程预约等功能,促进东西部优质医疗资源共享和医疗服务均等化,有效加强中西部省(区、市)基层医院医疗服务能力,提高疑难重症救治水平,缓解群众看病难题<sup>[10]</sup>。未来在此基础上将逐步构建省级远程会诊平台和部级远程会诊平台,形成统一标准、互联互通、资源共享、安全实用的远程会诊平台。

### 参考文献:

- [1] 李玲,陈剑锋. 区域医疗信息化降低医疗费用的作用机制研究:来自上海闵行某医院的证据[J]. 中国高校社会科学, 2014(4):119-129.  
LI L, CHEN J F. Study on the mechanism of regional medical information reduction and reducing medical expenditure [J]. Social Sciences in Chinese Universities, 2014(4): 119-129.
- [2] SMITH-DANIELS V L, SCHWEIKHART S B, SMITH-DANIELS D E. Capacity management in health care services: review and future research directions[J]. Decision Sciences, 1988, 19(4): 889-919.
- [3] JACK E P, POWERS T L. A review and synthesis of demand management, capacity management and performance in health-care services[J]. International Journal of Management Reviews, 2009, 11(2): 149-174.
- [4] 陈俊国,王燕,郭华,等. 建立综合型医院辐射社区医疗服务网络模式的几点思考[J]. 重庆医学, 2008, 37(1): 41-42.  
CHEN J G, WANG Y, GUO H, et al. Thinking of establishing the network model of community health care services in general hospital[J]. Chongqing Medicine, 2008, 37(1): 41-42.
- [5] 王淑,王恒山,王云光. 基于协同学原理的区域协同医疗信
- 息系统及协同模式研究[J]. 中国医院管理, 2009, 29(7): 31-34.  
WANG S, WANG H S, WANG Y G. Research on regional cooperative healthcare system and synergetic mechanism based on synergetic [J]. Chinese Hospital Management, 2009, 29(7): 31-34.
- [6] 孙中海,孙卫,王继伟. 区域协同医疗服务新模式的探讨[J]. 中国卫生质量管理, 2010, 17(4): 15-18.  
SUN Z H, SUN W, WANG J W. New model of collaborative regional medical service [J]. Chinese Health Quality Management, 2010, 17(4): 15-18.
- [7] 刘正,王贵玉,王锡山. 试析多学科专家组诊疗模式与区域医疗中心的建立[J]. 中国医院管理, 2011, 31(11): 47-48.  
LIU Z, WANG G Y, WANG X S. Analysis of multidisciplinary team and regional medical center construction [J]. Chinese Hospital Management, 2011, 31(11): 47-48.
- [8] FITZSIMMONS J A, FITZSIMMONS M J. Service management: operations, strategy, information technology [M]. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2014.
- [9] LISAC M, BLUM K, SCHLETTE S. Changing long-established structures for more competition and stronger coordination-health care reform in Germany in the new millenni-

- um[J]. *Intereconomics*, 2008, 43(4):184-189.
- [10] REBMANN T, WILSON R, LAPOINTE S, et al. Hospital infectious disease emergency preparedness: a 2007 survey of infection control professionals[J]. *American Journal of Infection Control*, 2009, 37(1):1-8.

## Hierarchical Diagnosis Technology in Hospital Group Based on Distributed Resources Allocation

LI Beibei<sup>1</sup>, WU Weiqing<sup>2</sup>, LI Jing<sup>2</sup>, TANG Guochun<sup>1</sup>

(1. School of Engineering, Shanghai Polytechnic University, Shanghai 201209;

2. Division of Public Affairs, Shanghai Normal Hospital, Shanghai 200080, China)

**Abstract:** [Purposes] In order to optimally allocate tertiary hospital resources and resolve the related problems existed for the moment, an information technology design approach is addressed by adopting remote consultation, remote inspection, appointment registration, and remote training or examinations. [Methods] Firstly, analyze the patients' data stored within the hospital data base, especially those diagnosis ones, including gender, age, and the conducted examinations, then optimize the weights depending upon the different indicators. With data indexes method, secondly, represent and classify the characteristics of the related diagnosis and surgical program on these patients diagnosed and treated by physicians. By using artificial learning, thirdly, compare the current patient's physical examination data with all the ones stored within the data base, and represent it with mathematical functions according to the different weights and the examination data. Thus, the diagnosis and surgical program comes out. Lastly, quantitatively describe the amount of physicians and equipment needed, and mathematically convert the diagnosis and surgical program on the current patient into the amount of physicians and equipment. [Findings] The information management system is designed on the basis of the optimized algorithm presented above. It may offer some useful suggestions for the related doctors from different departments, and contribute to optimizing the resources accordingly. [Conclusions] Clinic verification proves that the method can allocate medical resources, enhance their efficiency, and save the cost accordingly. Further study will focus on enhancing stability and accuracy of the system in order to get a perfect optimization.

**Keywords:** group; distribution; weight matrix; hierarchical treatment; remote consultation

(责任编辑 黄颖)