

# 个性化远程医疗监护系统研究

董振江<sup>1</sup>, 谢 怡<sup>2</sup>, 邓 硕<sup>1</sup>, 娄梦茜<sup>2</sup>, 孙知信<sup>2</sup>

(1. 中兴通讯南京研究所, 江苏 南京 210012;

2. 南京邮电大学 宽带无线通信与传感网教育部重点实验室, 江苏 南京 210003)

**摘 要:**文中的研究目的是针对当前医疗监护系统不能个性化地反映监护对象身体状况变化等问题,提出一种个性化家庭远程医疗监护系统,对不同年龄、性别、体质的监护对象建立因人而异的监护报警模型。文中的研究方法为通过实时采集人体的体温、心率、血压和血氧饱和度等生理数据,利用支持向量机建立监护对象的生理模型进行诊断。结果显示该模型准确地反映监护对象的身体状况,自动识别出因为传感器误差和监护对象移动所产生的错误报警,同时准确判断出由于生理异常而产生的报警,提高医疗监护系统的诊断效率和准确性。

**关键词:**远程医疗监护系统;支持向量机;个人生理模型

**中图分类号:**TP39

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2013)05-0172-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.05.044

## Research on Personalized Family Remote Monitoring System

DONG Zhen-jiang<sup>1</sup>, XIE Yi<sup>2</sup>, DENG Shuo<sup>1</sup>, LOU Meng-qian<sup>2</sup>, SUN Zhi-xin<sup>2</sup>

(1. ZTE Corporation, Nanjing 210012, China;

2. Key Laboratory of Broadband Wireless Communication and Sensor Network of Ministry of Education, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** The purpose is for the current health care system can not reflect the change of care object's physical condition, present a personalized family remote monitoring system, which can build individual alarm model by people's age, gender and physique. The research method utilizes support vector machine to build object's physical model through real-time acquisition of people's temperature, heart rate, blood pressure and blood oxygen saturation. The results show that the model can reflect object's physical condition correctly and automatically identify those false alarms generated by the sensor error and the moving of objects and accurately determine the physiological abnormalities alarm, which improves efficiency and accuracy of diagnosis for the system.

**Key words:** remote medical monitoring system; support vector machine; individual physical model

## 0 引言

由于平均寿命的增长和人口出生率的下降,世界人口老龄化问题日益严重。老年人慢性病和退化性疾病需要长期追踪与治疗,但多数病人不可能长期留在医院治疗,而是采取了定期回院复诊的治疗方式,缺乏长期有效的病情监控与护理,特别是有些慢性病需要连续监测发病时的生理参数<sup>[1]</sup>。在此背景下,家庭远程医疗监护系统应运而生。远程医疗是基于生物医疗、计算机科学、通讯技术等多学科,将数据传输、计算机软硬件技术等密切相关的高新技术。将无线传感器

技术与数据融合技术相结合,监护者可以在熟悉舒适的家庭环境下进行长期、连续、自动的监测,远程监护中心负责对生理数据进行融合处理,识别出疾病的早期端倪,并且应用这些生理数据提供一套医疗保健方案。文中介绍了一种个性化家庭远程医疗监护系统,对该系统的整体运作进行了详细介绍,探讨了个性化生理模型库的建立,最后对个人生理模型进行实例仿真。

## 1 多生理参数远程监护系统发展现状

目前,家庭远程医疗监护系统主要由三个部分组成:监护终端、数据传输网络和远程监护中心。文献[2]中设计了一种基于CDMA的无线远程监护系统,无线监护便携机完成心率、血压、体温和血氧饱和度等多生理参数数据的采集。数据传输采用CDMA无线通讯技术和广域网的TCP/IP数据传输技术。中央工

收稿日期:2012-08-24;修回日期:2012-11-28

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60973140,61170276);江苏省高校自然科学基金研究重大项目(12KJA520003);中兴通讯股份有限公司和委托项目

作者简介:董振江(1970-),男,高级工程师,研究方向为云计算、新媒体、物联网和移动互联网。

作站接收系统软件利用 TCP/IP 协议,从不同的端口接收便携机的数据,利用专业的医学软件对监护者的生理数据进行分析,为医生提供科学的诊断方法,医生综合各种分析结果,给出诊断建议并通过短信告诉监护者。该系统突破了医生和监护者的距离限制,实现远程医疗监护,并且能够及时将监测诊断结果通知监护者。

文献[3]中介绍了一种远程医疗保健系统,该系统包括无线生理传感器、接收器和一台部署在个人台式电脑上的分类引擎。接收器被放置在监护者的家里,负责接收传感器发送的生理数据,然后通过 HTTP 协议传送到分类引擎上。分类引擎可以放置在监护者家中,也可以放在附近的医院。在分类引擎上能够显示监护者的心电波形、体温和动作数据,并将数据进行处理分类,分为:高度紧急、一般紧急和正常。对于紧急情况,分类引擎会通过电子邮件告诉医生。

文献[4]设计了一种以智能手机和平板电脑作为接入终端,实现用户心电、血压、血糖和血氧等医学指标远程监护和告警以及用户个人电子病历档案管理的健康系统。该系统使用无线单导联或多导联的动态心电仪、无线血压计、无线血氧仪、无线血糖仪测量各项生命体征数据,然后用户在智能手机或平板电脑等智能终端上安装好系统客户端即可通过友好的可视化界面轻松简单地操作无线医疗设备,完成体征数据的测量,并由智能终端自动通过多种接入方式连接网络实时发送到中心医院的急救电子病历系统,实现医院专家对患者的监护信息进行分析、诊断。

文献[5]中提出了一种基于家庭的远程监护体系结构。作为系统终端的机器人护理床不仅完成部分护理工作,还连续监控各项与健康相关的生理参数,监护系统实时识别危险信息并发出报警信号,同时系统实现和已有的以医院为核心的健康服务体系的整合。

随着生物医学传感器的小型化,用于采集和传输生理数据的监护终端更易于佩戴。与无线远程传输网络的结合,可以让监护者在一定范围内自由移动,而不必受监护装置的限制<sup>[6,7]</sup>。但是,现有的监护系统均采用预置阈值的报警方式,例如对于心率参数预先设定上限为 120、下限为 50 的阈值,当监测值超过此范围即发出报警信息。这种报警方式易出现错误的报警信息,不能准确反映监护对象的身体状况变化<sup>[8]</sup>。针对以上所述问题,文中提出的个性化远程医疗监护系统

在不增加系统复杂性的情况下,建立个人生理模型。利用该模型自动识别出那些因为传感器误差和监护对象移动所产生的错误报警,同时又能准确判断出由于生理异常而产生的报警。

## 2 个性化远程医疗监护系统

该系统由生理传感器、医疗汇聚节点、社区健康服务站、移动终端设备和远程监护中心五部分构成,如图 1 所示。系统运作时,生理传感器通过心率探头、血氧探头、血压探头和体温探头采集人体的心率、血压、血氧、体温等病理信息并将这些信息进行预处理,然后以无线传输的方式发送到医疗汇聚节点,由医疗汇聚节点通过 GPRS 网络将数据传输给社区健康服务站。服务站一方面利用个人生理模型对监护对象的生理数据进行分析处理,另一方面实现 GPRS 网与广域网及 GSM 网络的无缝切换,将生理信息数据和报警信息通过基础设施网络传到远程监护中心和个人终端设备上。远程医疗监护中心接收到用户的有效生理数据后,利用支持向量机建立每个用户的生理模型,形成个人生理模型库,并用这些模型进行用户身体状况预估。由于监护对象的身体状况会时刻变化,所以远程医疗监护中心会定期更新个人生理模型库,使判断结果更准确地反映用户的身体状况。

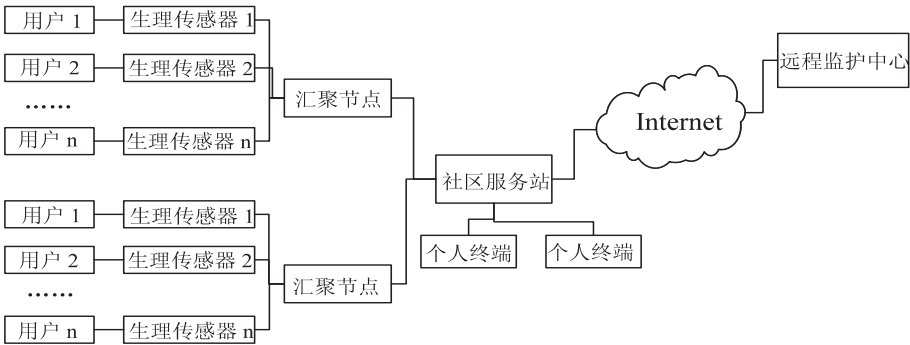


图 1 个性化远程医疗监护系统结构图

由于文中提出的个性化远程医疗监护系统的关键在于根据用户的体征数据建立个人生理模型,使得生理数据的分类和预测能更好地反映用户身体状况的变化,因此文中将重点探讨个人生理模型的建立。

## 3 基于支持向量机的个人生理模型建立

远程医疗监护中心根据用户的监测数据用支持向量机(Support Vector Machine, SVM)建立个人生理模型。该模型包括两部分:分类模型和预测模型,分别用于对生理数据的分类和预测。

### 3.1 分类模型建立

人体的心率、血压、血氧和体温等体征参数是机体内在活动的客观反映,也是判断机体健康状态的基本

依据。根据人体的生理特性,可以将这四种体征参数分为正常数据、异常数据和无效数据。为了取得理想的分类结果,文中建立以径向基为核函数的 SVM 分类模型,并采用交叉验证法对模型参数进行优化。远程监护中心将接收到的心率、血压、血氧和体温等生理数据作为模型的特征输入值,将一周内该用户的生理数据作为训练集,由于这四种生理参数值不是同一量纲,因此在进行训练之前,需要对数据进行归一化预处理,即把原始数据规整到 $[0,1]$ 范围内。然后对支持向量机进行训练,用得到的模型对实时监测的数据进行分类,模型建立的整体流程如图 2 所示。

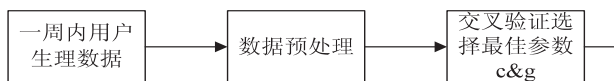


图 2 分类模型整体流程

### 3.1.1 SVM 判别方法

生理参数的分类可以从模式分类的角度进行研究。在模式分类问题上,SVM 能提供良好的泛化性能。支持向量机是一种基于统计的学习方法,它是结构风险最小化的近似实现。支持向量机的主要思想是建立一个分类超平面作为决策曲面,使正例和反例之间的隔离边缘被最大化,因此它可以巧妙地解决非线性分类问题和回归预测分析<sup>[9]</sup>。

给定训练样本集  $\{(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i)\}_{i=1}^l \in R^n \times \{+1, -1\}$ ,  $\mathbf{x}_i$  为条件属性,  $\mathbf{y}_i$  为决策类属性。支持向量机通过一个事先选择的非线性映射  $\Phi: R^n \rightarrow H$ , 把原始输入向量  $\mathbf{x}_i$  映射到一个高维欧氏空间  $H$  中,从而把非线性分类问题转化为高维特征空间中的线性分类问题,然后在这个空间中构造最优分类超平面。

通过巧妙地引入核函数  $K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \langle \Phi(\mathbf{x}_i), \Phi(\mathbf{x}_j) \rangle$ , 可以构造实现输入空间中不同类型非线性决策面的学习机。SVM 模型的核函数  $K$  主要有以下几种:

线性核函数:  $K(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i) = \mathbf{x}^T \mathbf{x}_i$ ;

多项式核函数:  $K(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i) = (\gamma \mathbf{x}^T \mathbf{x}_i + r)^p, \gamma > 0$ ;

径向基核函数:  $K(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i) = \exp(-\gamma \|\mathbf{x} - \mathbf{x}_i\|^2)$ ,  $\gamma > 0$ ;

两层感知器核函数:  $K(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i) = \tanh(\gamma \mathbf{x}^T \mathbf{x}_i + r)$ 。

由于径向基核函数在支持向量机中使用广泛,而且能取得较好的分类效果,因此在文中选用的核函数为径向基核函数。

### 3.1.2 模型参数优化

用 SVM 建立生理数据分类模型时,为了能得到比较理想的分类准确率,需优化模型中惩罚参数  $c$  和核函数参数  $g$ 。采用交叉验证 (CV, Cross Validation) 的思想可以在某种意义上得到最优的参数,有效地避免

过学习和欠学习状态的发生,最终得到较为理想的准确率<sup>[10]</sup>。

CV 是用来验证分类器性能的一种统计分析方法,基本思想是将原始数据进行分组,一部分作为训练集,另一部分作为验证集。其方法首先用训练集对分类器进行训练,再利用验证集测试得到的模型,以得到的分类准确率作为评价分类器的性能指标。考虑计算效率和计算精度的要求,选择 K-CV 的方法对参数进行优化,其算法的伪代码如下:

```

Start
% 相应的数据初始化
bestAccuracy = 0;
best c = 0;
best g = 0;

% 其中 c min, c max, g min, g max, K 都是给定的数
for c = 2^( c min) : 2^( c max)
    for g = 2^( g min) : 2^( g max)
        % 采用 K-CV 方法将 train 大致平均分为 K 组, 记为 train
        (1), train(2), ..., train( K )
        相应的标签也要分离出来, 记为 train_label(1), train_label
        (2), ..., train_label( K )
        for run = 1 : K
            让 train(run) 作为验证集, 其他作为训练集, 记录此
            时的验证准确率 acc(run)
        end
        cv = (acc(1) + acc(2) + ... + acc( K )) / K;
        if (cv > bestAccuracy)
            bestAccuracy = cv; best c = c; best g = g;
        end
    end
end
Over
  
```

### 3.2 预测模型建立

支持向量机不但可以用来分类,而且可以用来做回归预测分析,将支持向量机与信息粒化方法相结合,可以对人体生理参数的变化趋势和变化空间进行有效地预测<sup>[11]</sup>。在本系统中,远程监护中心对用户一周内监测的生理数据进行模糊信息粒化,然后利用支持向量机对处理后的血压进行变化趋势的预测。

用模糊信息粒化进行支持向量机回归预测的步骤如下:

Step1: 提取原始数据;

Step2: 对原始数据进行模糊信息粒化,得到粒化后的原始数据。文中采用三角型模糊粒子对数据进行处理,其隶属函数为:

$$A(x, a, m, b) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{m-a}, & a \leq x \leq m \\ \frac{b-x}{b-m}, & m < x \leq b \\ 0, & x > b \end{cases}$$



其中  $x$  是论域中的变量,  $a$ 、 $m$  和  $b$  是参数。每个信息粒由三个参数表示, 分别是 low、 $R$  和 up。low 参数描述的是相应原始数据变化的最小值,  $R$  参数描述的是相应原始数据变化的大体平均水平, up 参数描述的是相应原始数据变化的最大值。

Step3: 利用支持向量机对粒化数据进行回归预测。支持向量机回归的基本思想是利用非线性映射将样本数据映射到高维的特征空间中, 并在该空间中进行线性回归。在高维特征空间中, 线性问题中的内积运算可以用核函数来代替, 文中选取的核函数为径向基函数, 其惩罚参数  $c$  和核函数参数  $g$  由交叉验证法确定。

4 实例仿真

在文中, 通过连续监测试验者一周内的生理参数, 包括心率、血压、血氧和体温, 得到建立模型的训练集数据。在监测过程中, 每隔一个小时得到一组生理参数, 因此训练集数据共有 168 组。然后监测试验者后三天的生理参数, 作为模型的测试集数据, 共有 72 组, 以此验证分类的准确性。本系统中所设计的个人生理模型的分类结果包含三类: 正常数据、异常数据和无效数据。正常数据是指在正常范围内的人体生理数据。异常数据说明人体内可能发生病变, 导致生理参数偏离了正常范围。无效数据可能由监测设备使用不当造成, 不能反映人体的体征变化。为了提高模型分类的准确率, 在用支持向量机创建生理模型时, 首先对数据进行归一化处理, 然后使用交叉验证法选择最佳惩罚参数  $c$  和核函数参数  $g$ , 得出的最佳惩罚参数  $c = 2.2974$ , 最佳核函数参数  $g = 5.2780$ , 最终模型的分类结果如图 3 所示。

从模型的分类结果可以看出, 在 72 组测试数据中, 仅有一组数据的分类出错, 将异常数据分为正常数据, 总体的分类准确率为 98.61%。因此以用户自身

的生理数据建立的模型具备较高的分类精确度。

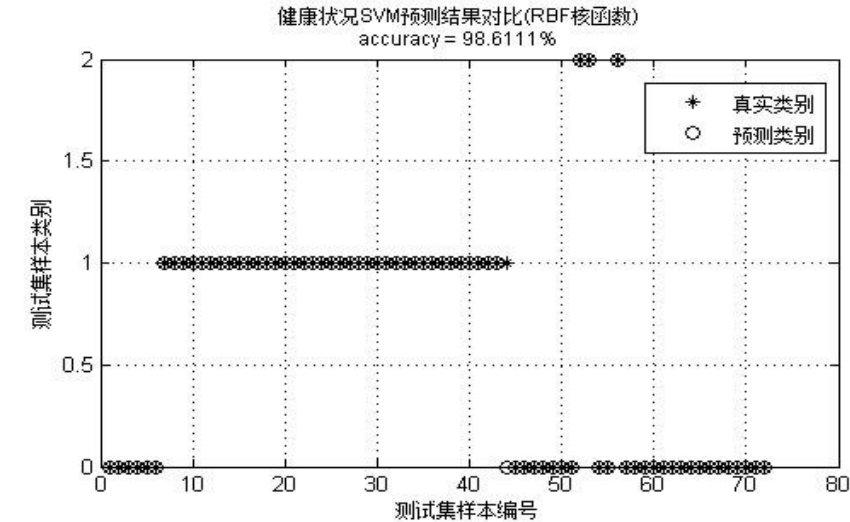


图3 模型分类结果

此外, 本系统还利用监测对象的生理数据建立预测模型, 预测下一时间段监测者的身体变化。在用支持向量机建立预测模型之前, 首先要把生理数据进行信息粒化处理。以每三个小时的生理数据作为一个信息粒, 一周内的生理数据可以分为 56 个信息粒。模型的输出为下一个信息粒的三个参数。舒张压的信息粒化如图 4 所示。

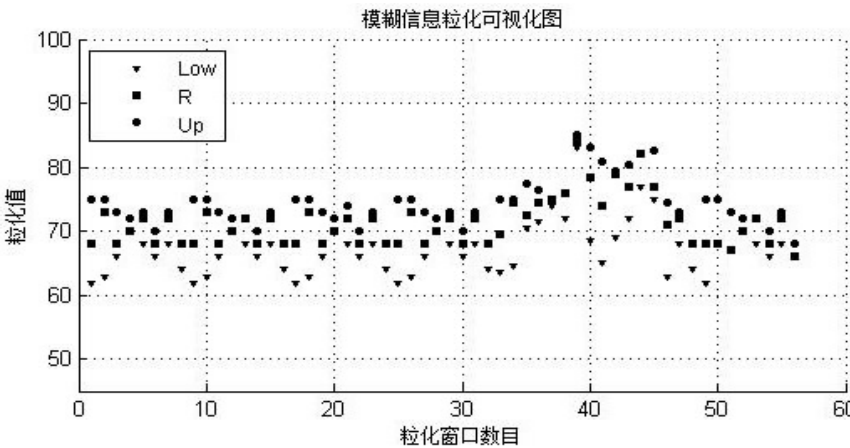


图4 舒张压模糊信息粒化

在仿真实验中, 将监测者一周内的舒张压和收缩压作为输入, 输出为后面三个小时舒张压和收缩压的预测变化范围。为了验证预测效果, 将舒张压和收缩压的实际监测值与预测范围进行对比, 如表 1、表 2 所示。

表1 舒张压实际值与预测值

时间	1	2	3	预测变化范围
实际舒张压	65	68	70	$[low, r, up] = [63.6699, 67.7953, 70.3045]$

表2 收缩压实际值与预测值

时间	1	2	3	预测变化范围
实际收缩压	101.6	104.8	110	$[low, r, up] = [99.5519, 109.3517, 110.0320]$

通过表 1,表 2 可以看出,实际监测的舒张压和收缩压的范围在预测变化范围内,说明预测值是准确的,而且从预测范围可以看出监测者的血压在正常水平。

## 5 结束语

健康问题是人们普遍关心的问题,如何针对不同的监护对象进行有效而实用的监测必然成为今后远程医疗监护系统的发展趋势。文中提出了一种适用于家庭远程医疗监护的个性化分析处理系统,对不同情况的监护对象,建立因人而异的个人生理模型。通过监测试验者一周内的心率、血压、血氧和体温等生理数据,用支持向量机建立个人生理模型。实验结果表明,利用建立好的个人生理模型可以对监护者的生理数据进行有效的分类和身体状况的预测。另外,定时更新个人生理模型能够适应监护对象身体状况的变化。所以,本系统对生理参数的分析处理是准确可靠的,可广泛应用于社区医院和老年人的家庭健康监护。

### 参考文献:

- [1] 贾文娟,白燕萍,绳秀君,等. 生理多参数远程监护系统的研究进展[J]. 中国医疗设备,2009(8):76-78.
- [2] 周玉彬,吴 锋,俞梦孙,等. 基于 CDMA 的患者无线远程监护系统的研制[J]. 医疗卫生装备,2008,29(10):21-23.
- [3] Sugano H, Hara S, Tsujioka T, et al. Development of a triage engine enabling behavior recognition and lethal arrhythmia detection for remote health care system[C]//Proc of 2011 Annual International Conference on Engineering in Medicine and

Biology Society. New York, USA:IEEE,2011:2160-2163.

- [4] 刘耀东,王明宇,杨吉江. 基于无线网络的远程健康管理及急救系统设计[J]. 计算机技术与发展,2012,22(3):129-132.
- [5] 邹焱飏,谢存禧. 基于多 Agent 的家庭远程监护系统建模[J]. 计算机工程,2006,32(4):252-253.
- [6] 石道生,任 毅,罗惠谦. 基于 Zigbee 技术的远程医疗监护系统设计与实现[J]. 武汉理工大学学报,2008,30(3):394-397.
- [7] Lai Dakun, Fang Zuxiang. Real-time Remote Monitoring of Out-of-Hospital with High Patients Especially Risk Heart Diseases[C]//Proceedings of the 2007 International IEEE/ICME Conference on Complex Medical Engineering. New York, USA:IEEE,2007:332-335.
- [8] 张波云,谢存禧. 基于多生理参数的智能报警算法[J]. 微计算机信息,2009(9):159-160.
- [9] Kampouraki A, Manis G, Nikou C. Heartbeat Time Series Classification With Support Vector Machines[J]. IEEE Transaction on Information Technology in Biomedicine, 2009, 13(4):512-518.
- [10] Men Hong, Gao Yanchun, Wu Yujie, et al. Study on Classification Method Based on Support Vector Machine[C]//Proc of First International Workshop on Education Technology and Computer Science. United States:[s. n.], 2009:369-373.
- [11] Li Yang, Yu Fusheng. Optimized fuzzy information granulation based machine learning classification[C]//Proc of Seventh International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. NJ, United States:IEEE Computer Society, 2010:259-263.

(上接第 36 页)

略,为了减少对噪声点的误判,根据图像受椒盐噪声污染情况的检测确定了检测阈值。在噪声去除过程中,充分利用了可用信号点的信息,采用中值和均值结合的方法对噪声像素点进行恢复,使得图像既保持了细节又得到了较好的平滑,具有较高的应用价值。

### 参考文献:

- [1] BOVIKA. Handbook of image and video processing[M]. USA:Academic Press,2000.
- [2] 宋 宇,李满天,孙立宁. 基于相似度函数的图像椒盐噪声自适应滤波算法[J]. 自动化学报,2007,5(5):475-479.
- [3] Brownnigg D R K. The weighted median filter[J]. Commun. Assoc. Computer, 1984, 27(8):807-818.
- [4] Sun T, Neuvo Y. Detail-preserving median based filters in image processing[J]. Pattern Recognition Letters, 1994, 15(4):341-347.
- [5] Wang Junhua, Lin Lianda. Improved median filter using min-

max algorithm for image processing[J]. Electronics Letters, 1997, 33(16):1362-1363.

- [6] Wang Z, Zhang D. Processing switching median filter for the removal of impulse noise from highly corrupted images[J]. IEEE Trans. on Circuits and Systems, Analog and Digital Signal Processing, 1999, 46(1):78-80.
- [7] 邢藏菊,王守觉,邓浩江,等. 一种基于极值中值的新型滤波算法[J]. 中国图象图形学报,2001,6(6):533-536.
- [8] 张旭明,徐滨士,董世运,等. 去除脉冲噪声的自适应开关中值滤波[J]. 光电工程,2006,33(6):78-83.
- [9] 许国威,马胜前,危淑平. 自适应滤波 RLS 算法研究与 DSP 实现[J]. 计算机技术与发展,2010,20(10):35-38.
- [10] 孙树亮,王守觉. 一种改进的极值中值滤波算法[J]. 计算机科学,2009,36(6):165-166.
- [11] 于忠党,王龙山. 基于回归型最小二乘支持向量机卷积模板的椒盐噪声开关滤波器[J]. 光学学报,2009,29(1):163-168.

# 个性化远程医疗监护系统研究

作者：[董振江](#)，[谢怡](#)，[邓硕](#)，[娄梦茜](#)，[孙知信](#)

作者单位：[董振江, 邓硕\(中兴通讯南京研究所, 江苏 南京210012\)](#)，[谢怡, 娄梦茜, 孙知信\(南京邮电大学 宽带无线通信与传感网教育部重点实验室, 江苏 南京210003\)](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2013(5)

本文链接：[http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjtz201305046.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201305046.aspx)