

联及调理电路构成测量模块遥数据采集卡的基本任务是心电尧呼吸尧无创血氧和无创血压等生理信号的测量遥LabVIEW 在完成心电尧呼吸尧无创血氧和无创血压的采集与处理后袁即可将处理结果传递到

MATLAB Script袁紧接着继续调用相应的 MATLAB 模糊系统进行模糊测量袁且要将睡眠状态下人体生理信号的模糊分析结果通过 MATLAB Script 节点反馈到 LabVIEW袁整个过程如图 2 所示遥

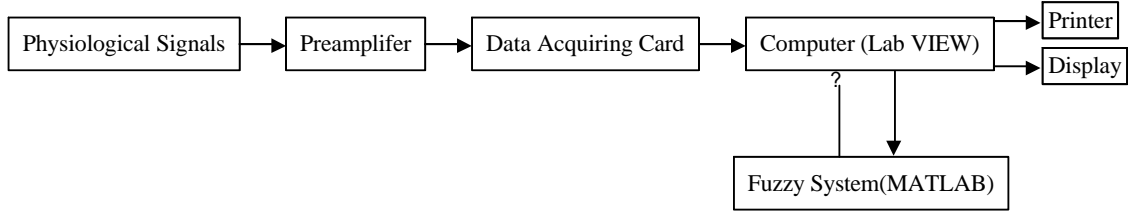


图 2 模糊测量过程

Fig.2 Process of the fuzzy measurement

在 LabVIEW 中袁是用软件驱动 I/O 接口数据采集卡袁驱动方法有 2 种渊渊袁LabVIEW 支持的数据采集卡袁如 NI 公司生产的各类数据采集卡袁可利用 LabVIEW 自带的驱动函数来驱动遥设计者只需正确设置输入参数就可实现数据采集的任务袁而不需编写代码程序遥渊渊袁LabVIEW 不支持的数据采集卡袁利用 LabVIEW 的代码嵌入功能渊IN 模块袁来实现采集卡的软件驱动遥

2.3 工作原理

2.3.1 模糊集的构成 OSAS 患者睡眠时有较大的心率变异袁6% 患者有明显的心率失常袁同时伴有低氧血症尧高血压等症状遥由于影响 OSAS 诊断的因素很多袁各因素之间关系复杂袁因此袁单纯用 1 个因素诊断 OSAS 显然是不够的遥由于 OSAS 患者呼吸暂停低通气指数渊AHI尧SO₂尧HR尧BP 之间有一定的相关性袁因此与此对应的人体生理信号构成影响因素集院

$$U = \{f_1, f_2, f_3, f_4\} = \{AHI, SO_2, HR, BP\}$$

用户定义的模糊集个数可根据需要来定渊个袁考虑临床实际应用的需要袁将 OSAS 分为 4 个等级院正常尧轻度尧中度和重度遥

$$E = \{e_1, e_2, e_3, e_4\} = \{\text{正常}, \text{轻度}, \text{中度}, \text{重度}\}$$

e_i 代表各种可能的总评判结果遥

2.3.2 隶属函数的建立 用模糊数学综合评判法处理问题的关键是建立适当的隶属函数遥可供用户选择的隶属函数有以下几种形式院梯形 渊trapmf尧高斯形 渊gaussmf尧广义钟形 渊bellmf尧S 形函数遥本文采用梯形隶属函数袁其特征参数为 a尧b尧c尧d袁用公式表示为院

$$f(x, a, b, c, d) = \max\{\min(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}), 0\}$$

式中参数 a尧b 确定梯形的野脚尧而参数 c尧d 确定梯形的野肩尧膀尧遥

对 40 岁以上人群袁AHI尧SO₂尧HR尧BP 4 项 OSAS

诊断指标的正常值为院

AHI < 5 袁 O₂ > 96% 袁 0 次 /min < HR < 80 次 /min 袁 BP 渊舒张压 / 收缩压) 渊90/140 mmHg 渊 kPa = 7.5 mmHg 渊

根据睡眠呼吸暂停综合症的各影响因子指标 f_j 建立关于 e₁, e₂, 噫, e_p 模糊等级渊表 1 渊即视 e_k 为模糊集袁把这样的模糊集记为 A_{jk}遥

表 1 等级划分表

Tab.1 Grade classification performance

Factor	Normal	Mild	Moderate	Severe
	a ₀ ~a ₁	a ₁ ~a ₂	a ₂ ~a ₃	a ₃ ~a ₄
AHI, j=1	0~5	5~21	5~21	51~100
BP, j=4	80~120	120~130	130~140	140~180

AHI: Apnea-hypopnea index; BP: Blood pressure

把目标函数 φ^(k)_j 取为这些模糊集的隶属函数院

φ^(k)_j(x) = A_{jk}(x) 遥根据各单因素的评判等级的标准值袁考虑每一单因素的某一评判等级论域袁可推导出上述单因素 AHI尧BP 的隶属函数如下院

$$\varphi_j^{(1)}(x) = \begin{cases} 0, & a_0 < x < a_1 \\ \frac{a_2 - x}{a_2 - a_1}, & a_1 < x < a_2; (j=1, 4) \\ 1, & a_2 = x = a_4 \end{cases}$$

$$\varphi_j^{(k)}(x) = \begin{cases} 0, & x - a_{j(k-2)} < a_{j(k-2)} < x < a_{j(k-1)} \\ \frac{a_{j(k-1)} - x}{a_{j(k-1)} - a_{j(k-2)}}, & a_{j(k-1)} < x < a_{j(k)} \\ 1, & a_{j(k+1)} - x < a_k < x < a_{j(k+1)} \\ 0, & \text{other} \end{cases}; (j=1, 4; k=2, 3)$$

$$\varphi_j^{(4)}(x) = \begin{cases} 0, & a_0 < x < a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 < x < a_3; (j=1, 4) \\ 1, & a_3 < x < a_4 \end{cases}$$

根据其它影响因子指标 f_j 建立关于 e_1, e_2, \dots, e_p 模糊等级表 2 窑即视 e_k 为模糊集 窑把这样的模糊集记为 A_{jk} 窑

表 2 等级划分表
Tab.2 Grade classification performance

Factor	Severe 渊 冤	Moderate 渊 冤	Mild 渊 冤	Normal 渊 冤
	$a_0 \sim a_1$	$a_1 \sim a_2$	$a_2 \sim a_3$	$a_3 \sim a_4$
SO ₂ 渊, j=2 冤	50~80	80~85	85~96	96~100
HR 渊, j=3 冤	0~30	30~45	45~60	60~80

HR: Heart rate

把目标函数 $\varphi_j^{(k)}$ 取为这些模糊集的隶属函数院
 $\varphi_j^{(k)}(x) = A_{jk}(x)$ 窑根据各单因素的评判等级的标准值 窑
 考虑每一单因素的某一评判等级论域 窑推导出上述
 单因素 SO₂ 尧 IR 的隶属函数如下院

$$\varphi_j^{(k)}(x) = \begin{cases} 0, & a_0 < x < a_1 \\ \frac{x - a_0}{a_1 - a_0}, & a_0 < x < a_1 \\ \frac{a_2 - x}{a_2 - a_1}, & a_1 < x < a_2; (j=2, 3) \\ 1, & a_2 = x = a_4 \\ \frac{x - a_{j(k-2)}}{a_{j(k-1)} - a_{j(k-2)}}, & a_{j(k-2)} < x < a_{j(k-1)} \\ \frac{a_{j(k-1)} - x}{a_{j(k-1)} - a_{j(k-2)}}, & a_{j(k-1)} < x < a_{j(k)} \\ \frac{x - a_{j(k+1)}}{a_{j(k+1)} - a_{j(k)}}, & a_{j(k)} < x < a_{j(k+1)} \\ 0, & \text{other} \end{cases}; (j=2, 3; k=3, 2)$$

$$\varphi_j^{(1)}(x) = \begin{cases} 0, & a_0 < x < a_2 \\ \frac{x - a_0}{a_2 - a_0}, & a_0 < x < a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 < x < a_3; (j=2, 3) \\ 1, & a_3 < x < a_4 \end{cases}$$

2.3.3 综合分析 一般来说 窑各种因素对 OSAS 诊断结果的影响程度是不同的 窑每个待评对象 u 沂 U 都对应一个测定指标向量院

$$I(u) = (f_1(u), f_2(u), f_3(u), f_4(u))$$

代入上述隶属函数便得到单因素评判矩阵院

$$R(u) = (r_{jk}(u))_{m \times p} = (\varphi_j^{(k)}(f_j(u)))_{m \times p}$$

对于一类待评对象 U 窑诸影响因子的重要性一般是不一样的 窑事先应确定一个权向量 $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)$ 窑然后可按模型 M (窑窑) 来得到评判向量 $D^{(u)} = W \cdot R^{(u)}$ 窑其中 $d_k(u) = \bigvee_{j=1}^m w_j r_{jk}(u)$, $k=1, 2, \dots, p$ 窑根据最大隶属原则 窑可判定患者病情 窑

3 应用研究

模糊数学是通过对事件本身的模糊性及客观外界事物在人脑中反映的不确定性 窑即模糊性分析 窑用较少的代价传输足够的信息 窑对其复杂事件做出高效

率的判断和处理 窑模糊综合评判正是基于这一理论 窑建立数学模型 窑达到研究模糊事物之属性 窑

整个系统分为参数设置 窑实时监测 窑显示和数据存储 窑数据回放 窑三大部分 窑按功能划分为心电图部分 尧呼吸部分 尧无创血氧部分和无创血压部分 窑为了使系统高效可靠地工作 窑设计中解决了 窑渊 冤实时数据波形显示 尧渊 冤心电图数据实时处理 尧渊 冤率计算算法和呼吸率计算算法 尧渊 冤心电图数据实时存储 尧渊 冤数据波形与趋势图回放处理算法 尧渊 冤多微处理器间相互控制与数据传输 尧渊 冤数据打印输出等关键技术 窑实现实时监测各通道的生理信号并存储数据 窑回放分析同一时间段内各导的生理信号 窑计算呼吸暂停时患者 AHI 尧 IR 尧 O₂ 尧 P 等参数 窑最后利用模糊分析方法评判患者病情 窑通过临床试验选择有睡眠障碍的病人进行遥试验结果显示 窑 AHI 尧 IR 尧 O₂ 尧 P 等 4 项 OSAS 诊断指标的正常值为 渊 AHI < 5 尧 O₂ > 96% 尧 0 次 / min < HR < 80 次 / min 尧 P 渊 尧 舒张压 / 收缩压 冤 90 / 140 mmHg 遥

图 3 为实时监测某睡眠障碍患者的生理信号波形 窑可见相关指标值与正常指标值有一定的差异 窑还不能确诊是否为 OSAS 窑要进一步判断应综合考虑这 4 个因子指标 窑通过模糊分析系统进行模糊预测分析及评判 窑

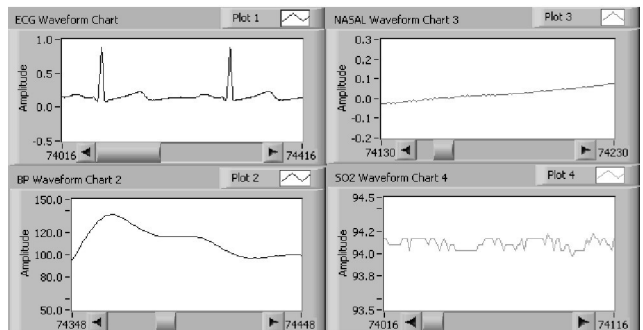


图 3 某睡眠障碍患者的实时生理信号波形

Fig.3 Real-time physiologic signals of a patient with obstructive sleep apnea syndrome (OSAS)

现对某睡眠障碍的病人进行综合评判 窑先测出 U 的 4 项指标 窑 AHI 尧 IR 尧 O₂ 尧 P 窑根据 4 种隶属函数 窑构造模糊关系 R 矩阵 窑最后算出评判向量 $B = A \cdot R$ 窑图 4 为某睡眠障碍患者的生理状态信号综合评判结果 窑

4 评价

本文提出了一种基于 LabVIEW 技术的模糊测量系统 窑其中信号的获取与采集是以计算机为核心的硬件平台来完成 窑在此硬件平台基础上 窑调用 MATLAB 程序模块 窑完成对心电图 尧呼吸 尧无创血氧和

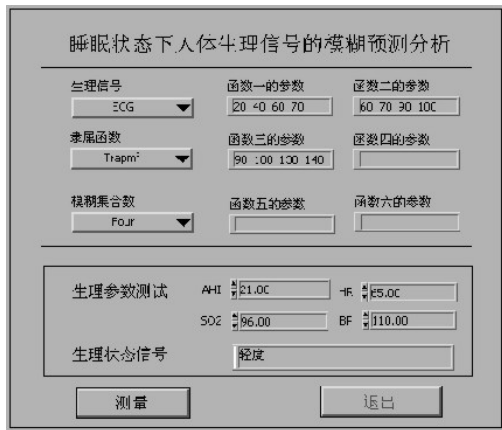


图 4 某睡眠障碍患者的生理状态信号综合评判结果
Fig.4 Result of sleep physiological signal analysis based on fuzzy prediction theory in an OSAS patient

无创血压信号的模糊预测分析遥综上所述每个单项指标只能反映患者某个特定的功能状态遥只有将各个指标综合在一起袁才能较全面地反映 OSAS 患者总的功能状态遥因此从系统论观点看袁各项指标的综合运用对于提高诊断效率具有重要的意义遥本研究中各影响因素的隶属函数是根据以往文献进行筛选袁经统计分析后得到的遥通常确定隶属函数的构造比较困难袁可以预先假定它的分布类型袁依据临床经验袁经过多

次试验进行修改袁直到满意为止遥

本研究将模糊数学初步应用到 OSAS 患者病情的评判中袁其影响因素尧因素的权重及相应的隶属函数可根据临床应用进一步完善遥

参考文献

咱暂 王 蓓. 睡眠呼吸障碍性疾病的诊断与治疗咱暂北京: 军事医学科学出版社, 2002. 30-128.
 咱暂 Roche F, Gaspoz JM, Court-Fortune I, et al. Screening of obstructive sleep apnea syndrome by heart rate variability analysis 咱暂 Circulation, 1999, 100(13): 1411-5.
 咱暂 吴学勤. 动态心电图技术与应用咱暂合肥: 中国科学技术大学出版社, 1998. 231-46.
 咱暂 Hilton MF, Bates RA, Godfrey KR, et al. Evaluation of frequency and time-frequency spectral analysis of heart rate variability as a diagnostic marker of the sleep apnoea syndrome咱暂 Med Biol Eng Comput, 1999, 37(6): 760-9.
 咱暂 刘君华. 基于 LabVIEW 的虚拟仪器设计咱暂北京: 电子工业出版社, 2003. 333-72.
 咱暂 National Instrument Corporation. The Mesasurement and Automation Catalog 2002咱暂2002. 49-354.
 咱暂 汪培庄, 李洪兴. 模糊系统理论与模糊计算机咱暂北京: 科学出版社, 1996. 166-95.
 咱暂 Bock J, Gough DA. Toward prediction of physiological state signals in sleep apnea咱暂 IEEE Trans Biomed Eng, 1998, 45(11): 1332-41.

灑任编辑灑开颜冤

灑接 1176 页冤

参考文献院

咱暂 倪 宏, 骆抗先, 刘定燮, 等. 乙型肝炎病毒全基因重组真核表达质粒的构建咱暂第一军医大学学报, 2001, 21(3): 185-6.
 Ni N, Luo KX, Liu DX, et al. Construction of recombinant eukaryotic expression plasmid containing full-length genome of hepatitis B virus 咱暂 J First Mil Med Univ/Di Yi Jun Yi Da Xue Xue Bao, 2001, 21(3): 185-6.
 咱暂 Kuhober A, Pudollek HP, Reifenberg K, et al. DNA immunization induces antibody and cytotoxic T cell response to hepatitis B core antigen in H-2b mice咱暂 Immunol, 1996, 156(45): 3687-95.
 咱暂 Ulrich R, Koletzki D, Lachmann S, et al. New chimeric hepatitis B virus core particles carrying hantavirus (serotype Puumala) epitopes: immunogenicity and protection against virus challenge 咱暂 J Biotechnol, 1999, 73(2): 141-53.
 咱暂 Milich DR, Hughes J, Jones J, et al. Conversion of poorly immunogenic malaria repeat sequences into a highly immunogenic vaccine candidate咱暂 Vaccine, 2002, 20(5-6): 771-88.
 咱暂 Borisova G, Borschukova O, Skrastina D, et al. Behavior of a short preS1 epitope on the surface of hepatitis B core particles 咱暂 Biol Chem, 1999, 380(3): 315-24.
 咱暂 田泽维, 董文其, 王 萍, 等. 以 HBc 颗粒为呈现载体的 HBV 多表位复合基因真核表达载体的构建咱暂热带医学杂志(Trop Med J), 2002, 2(4): 334-6.
 咱暂 吴 军, 王晓怀, 杨大成, 等. 经癌胚抗原重组痘病毒转染的树突

状细胞体外诱导特异性 T 细胞免疫 咱暂 第一军医大学学报, 2002, 22(3): 256-8.
 Wu J, Wang XH, Yang TC, et al. Dendritic cells transfected with carcinoembryonic antigen-vaccinia recombinant virus induces CEA-specific immunity mediated by cytotoxic T lymphocytes in vitro咱暂 J First Mil Med Univ/Di Yi Jun Yi Da Xue Xue Bao, 2002, 22(3): 256-8.
 咱暂 Donnelly JJ, Ulmer JB, Shiver JW, et al. DNA vaccines咱暂 Annu Rev Immunol, 1997, 15(6): 617-48.
 咱暂 胡贵方, 吴小兵, 俞守义, 等. 含乙型肝炎表面抗原基因重组腺相关病毒的构建及其基因的表达和功能初步研究咱暂第一军医大学学报, 2003, 23(6): 553-6.
 Hu GF, Wu XB, Yu SY, et al. Construction of recombinant adeno-associated virus carrying hepatitis B surface antigen gene and preliminary study of the gene expression and function 咱暂 J First Mil Med Univ/Di Yi Jun Yi Da Xue Xue Bao, 2003, 23(6): 553-6.
 咱0暂邢同京, 骆抗先, 侯金林, 等. HBV 转录后调节序列中与干扰素 琢应答有关位点的初步鉴定与分析咱暂第一军医大学学报, 2002, 22(6): 542-4.
 Xing TJ, Luo KX, Hou JL, et al. Preliminary identification and analysis of different points related with response to interferon-琢 HBV post-transcriptional regulatory element咱暂 J First Mil Med Univ/Di Yi Jun Yi Da Xue Xue Bao, 2002, 22(6): 542-4.

灑任编辑灑阳金星冤