

生理疲劳感知器模型研究 A Physiological Fatigue Model Based On Sensor Network

王涌,倪锐,黄善

WANG Yong, NI Rui, HUANG Shan

(桂林空军学院, 广西桂林 541004)

(Guilin Airforce Academy, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要:从军事警卫学员的生理特点入手,分析专业训练生理疲劳征兆数据和测取的电信号,建立机体疲劳的回归模型,求取对疲劳可进行量化评测的疲劳系数,使疲劳判断可以通过疲劳系数进行量化评测。

关键词:生理疲劳 征兆数据 感知器 logistic 回归

中图分类号:G804.8 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2006)04-0250-02

Abstract: The physiological fatigue symptoms of the guard students are analyzed. The data of physiological fatigue are collected with sensors, and are used to setup a regression model of physical fatigue. The coefficients of physiological fatigue are calculated. This research reveals a collateral significance for evaluating the athletic potential of individuals.

Key words: physiological fatigue, sign variable, sensor, logistic regression

加速机体疲劳的解除,是提高训练效果的主要条件,也是预防因过度疲劳而产生运动性疾病所采用的积极措施。军事警卫专业学员担负着各种“特定目标”的防护守卫任务,他们主要进行的是以格斗等为主的高强度专业技能训练,由这些专门训练引起的机体疲劳现象有着自身的特点。过去,依据当前竞技状态去主观判断疲劳程度,缺少科学性和准确性,进而因不合适的训练手段和量值带来负面影响,如易导致运动损伤等。利用计算机技术建立数字化模型则可以较为精确测定样本参数,摆脱对主观感觉及物理过程的依赖^[1]。本文从军事警卫学员的生理特点入手,分析专业训练生理疲劳征兆数据,通过对测取的肌电信号进行分析,建立回归模型,求取疲劳系数,使疲劳判断可以通过疲劳系数进行量化评测。

1 疲劳分析和感知器设置

1.1 疲劳分析

运动性疲劳是机体运动到一定程度,运动能力和身体功能暂时下降的现象,包括中枢、神经、外周

疲劳。在运动性疲劳的发展过程中,中枢神经系统起着主导作用,疲劳的产生是中枢神经的一种保护性抑制,以防止机体过度的机能衰竭。肌肉是主要的运动器官,因此运动时肌肉能源物质代谢、调节,肌肉的温度、局部肌肉血液、肌肉的韧度等就成为外周疲劳的研究重点和表现形式,因此可为生理疲劳的度量提供大量的征兆数据,获取和处理这些数据,可为智能技术在运动科学领域提供广泛的应用前景^[2,3]。

1.2 SEMG 征兆信号采集

SEMG (Surface Electromyogram) 表面肌电技术作为一种无损伤的实时测量方法,能够客观地反映肌肉活动水平和功能状态,同时获取疲劳征兆信号,并实时反应变化。本研究的信号采集过程中,将电极放置于样本个体相关位置,采用双电极法记录。电极用橡皮膏固定,电极凹槽与皮肤间涂以导电油液,连通采集卡的 A/D 转换存入计算机,这保存的仅仅是一系列的二进制文件,然后对这些文件通过挖掘理论,限值分析,获取标准数据库格式数据,也就是下一步分析中的征兆数据。

1.3 基于军事格斗训练的感知节点设置

警卫学员的专业训练是以套路和格斗为基本形式,以踢、打、摔、拿等技击动作为主要内容,以克敌

制胜为目的实用性警卫技能课,技击性很强,根据这个特点本研究选择在下列 5 个部位设置传感装置:肱二头肌、腰大肌、腰方肌、胸大肌和肌内肌,这里要说明的是,模型中,感知点的数目可以根据实际需要随时调整。感知模型如图 1 所示。



图 1 树型感知模型示意

图 1 中 $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_5$ 为输入信号;对每一个感知位置都用了一个三元组来描述(EA, IEMG, RMS), EA 为幅值信号;IEMG、RMS 为分析信号,分别是积分肌电和方根肌电, $IEMG = \int |EMG(t)| d(t)$, $RMS = \sqrt{\frac{1}{\Delta T} \int_{\Delta T} EMG^2(t) d(t)}$, 其中 ΔT 为时间增量, $EMG(t)$ 是频幅时间函数; P 为电位输出信号。由此可见,通过表面肌电测试仪的输出信号 EMG 和时间变化,就可以得到对感知点的三元组描述。

2 输出信号和疲劳系数探索

2.1 电位输出信号

三元组数据作为征兆数据并不直接参加运算,还需要和各自的适应系数 w 相积,适应系数我们叫做个体权重,它是和个体及特殊感知部位密切相关的,因此又称之为特征权重^[4]。

本文中 $\theta_i (i = 1, 2, \dots, 5)$ 为三元组,每个感知节点附加一个特征权重 w , 特征权重是个人特征系数与基本权重的乘积,实际上设置感知模型的一个主要目的就是通过目标采集数据对比分析得出个体权重向量,进而得到实验需要的输出电位 P_i :

$P_i = \bar{\theta}_i w_i$, 其中 $\bar{\theta}_i = (EA + IEMG + RMS)/3$, ($\bar{\theta}_i$ 为均衡测值, w_i 为个体权重)。

2.2 网络输出信号

对于多层感知器模型隐含层电位的输入、输出,本文没有详细讨论。网络输出信号指的是输出层的输出电位拟合值,设输出信号为 λ , 其定义为以电位信号作自变量的激合函数值:

$$\lambda = f(P_j) = f(\bar{\theta}_j w_j), (i = 1, 2, \dots, 5).$$

通过拟合运算得到了依赖于 (EA, IEMG, RMS) 的输出数值,规整电活动量值、积分肌电、方根肌电,使其输出量值更能体现局部部位的疲劳表

现。常用的激合函数有三种:线性、阶梯和 Sigmoid。由于本研究中,有大量的统计运算及具有阈值效能的个体征兆系数即权重运算,分析三个函数的优劣,这里选择 sigmoid 作为激合函数,其定义为:

$$f(P_i) = \frac{1}{1 + e^{-2P_i}} = \frac{1}{1 + e^{-2\theta_i w_i}} (i = 1, 2, \dots,$$

5)

2.3 疲劳系数的求取

通过一元分析,得到的是疲劳对每一个感知部位的依赖值。但这还不是一个完整的描述,因为通常我们喜欢给疲劳用一个整体系数去评价,也就是需要合并这些征兆信号,从而得出一个反映样本个体当前机能的完整信号^[4,5]。常用的普通预测和特质评价方法有分类树、神经网络、Logistic 回归法等,从预测和统计的优势特性上看,本研究选择 Logistic 回归法来建立资智模型。基于输出信号拟合值 λ 的疲劳系数描述为:

$$x(M | \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_5) = \beta_1 \lambda_1 + \beta_2 \lambda_2 + \dots + \beta_5 \lambda_5,$$

其中 β_i 为多元回归系数,其计算公式为: $\beta_i = \log\left[\frac{\pi_i}{1 - \pi_i}\right]$, π_i 为单项指标达成概率, $i = 1, \dots, 5$, 来源于观测的样本个体在表面肌电测试时完成规定动作的概率取值^[4]。

3 函数设计

本研究的原始编程接口是用 C++ 语言编写,以动态连接库的形式实现,所以任何一个可以生成 Win32 动态连接库的开发工具,都可以用来调用或编写扩展函数,如 Delphi、BCB、VC、VB 等。引用动态连接库中的扩展函数,格式如下:“动态库名称@函数名称”(参数名表)。本研究用到的统计函数如下:

偏差返回函数 AVEDEV (number1, number2, ...),

返回分布累积值函数 BETADIST (x, alpha, beta, A, B),

返回分布的概率值函数 BINOMDIST (number_s, trials, probability_s, cumulative),

返回总体平均值的置信区间函数 CONFIDENCE (alpha, standard_dev, size),

返回数据点与各自样本平均值的偏差的平方和函数 DEVSQ (number1, number2, ...).

(下转第 259 页)

Computers and Mathematics with Applications, 2001, 42(12):1523-1526.

- [2] 韩婷. 基于本体论的智能搜索引擎模型的研究[D]. 南宁:广西大学, 2005.
- [3] SUGIURA ATSUSHI, ETZIONI OREN. Query routing for Web search engines: architecture and experiments[J]. Computer Networks, 2000, 33(1): 417-429.
- [4] GRUBER CTR. A translation approach to portable ontologies[J]. Knowledge Acquisition, 1993, 5(2): 199-220.
- [5] 李雪梅. 基于语义的个性化 Web 搜索[J]. 情报杂志, 2003(3):27-31.
- [6] 刘维群, 李元臣. Web 信息的语义概念检索[J]. 现代情

报, 2005(7):74-76.

- [7] GUHA R, ROB MCCOOL, ERIC MILLER. Semantic search: proceedings of the 12th International Conference on World Wide Web[C]. New York: ACM Press, 2003: 700-709.
- [8] GAO MINGXIA, CHUNNIAN LIU, CHEN FURONG. An ontology search engine based on semantic analysis: proceedings of the Third International Conference on Information Technology and Applications [C]. Washington: IEEE Computer Society, 2005: 256-259.

(责任编辑: 韦廷宗)

(上接第 251 页)

4 结束语

运动性疲劳是运动训练的必然产物, 没有疲劳的训练只能是无效训练。疲劳产生的原因, 受诸多因素影响, 除了生理疲劳外还有心理因素等。本研究对智能技术在竞技项目的应用上作了一些探索性分析, 研究结果在空军课题“警卫专业特训学员综合演练系统”中得到了一定的吻合, 其长期效果有待进一步观察。

参考文献:

- [1] 全国体育学院教材委员会运动生理学教材组. 运动生

理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990: 150-170.

- [2] 宋亚军, 李晓娟. 运动中枢疲劳的研究现状[J]. 山西体育科技, 1999(8): 36-38.
- [3] 冯炜权. 运动性疲劳和恢复过程运动能力的研究进展[J]. 北京体育大学学报, 1993(7): 21-23.
- [4] WITTEN I, FRANK E. Data Mining: practical machine learning tools and techniques with Java implementation [M]. San Diego CA: Morgan Kaufmann, 2000.
- [5] JIAWEIHAN. 数据挖掘概念与技术[M]. 范明, 孟小峰, 译. 北京: 机械工业出版社, 2003: 90-140.

(责任编辑: 韦廷宗)