

基于改进小波变换的 EEG 分析

蔡琼¹, 陈焕文¹, 谢丽娟^{1,2}

(1. 长沙理工大学, 湖南 长沙 410076; 2. 中南大学, 湖南 长沙 410002)

摘要:利用小波变换来进行 EEG 自动识别的研究, 试图将 EEG 自动识别由当前的癫痫领域扩大到更多的病症中来。提出了一种改进小波基的方法。该方法是利用连续小波变换来对 EEG 信号进行分析, 选定一个最合适的小波基。在自动识别的过程中, 用自适应小波基的方法来进行多分辨分析, 然后用 6 个参数进行特征提取。实验证明此方法有良好的可行性和有效性。

关键词:EEG 分析; 自动识别; 改进小波基

中图分类号:TP18

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)04-0032-03

Analysis of EEG Based on Improvement Wavelet Transform

CAI Qiong¹, CHEN Huan-wen¹, XIE Li-juan^{1,2}

(1. Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China;

2. Central South University, Changsha 410002, China)

Abstract: Uses wavelet transform to study the EEG automatic identity, trying to enlarge the EEG automatic identify from epilepsy to more disorders. Improvement wavelet basis has been put forward by the author. CWT has been used to analyze EEG in order to choose the most fitness wavelet basis. In the progress of automatic identify, the improvement wavelet basis is used to MRA, then feature extraction. Simulation results show the feasibility and the validity of the method.

Key words: EEG analysis; automatic identify; improvement wavelet basis

0 引言

EEG(脑电波)是大脑皮层锥体细胞顶树突的电现象的总和。EEG 是通过仪器记录脑细胞的电活动而形成的。EEG 的横坐标表示时间, 纵坐标为脑细胞的电活动。通过对脑细胞电活动波幅、频率、位相、对称性的观察可以判读当前 EEG 是否正常。EEG 自动检测工作早在 20 世纪 60 年代后期就开始了, 发展至今已接近 40 年。常用 EEG 自动检测方法有很多: 模拟法、专家系统法、神经网络法、小波分析法、非线性动力学法等。

EEG 分析主要是对异常活动的检测分析, 例如: 背景活动在幅度和频率上的不均匀性暗示着大脑损伤, 棘波的存在表明癫痫放电等。这些工作目前都是由医疗工作者根据经验, 通过视觉检测来完成的。视觉检测存在很多不利因素^[1]:

(1)在对大量 EEG 数据进行分析时, 视觉检测显

得既费时, 效率又低。据统计, 一份 20~30 分钟的 EEG 数据大约有 40 米长, 而对于病人一周的脑电记录, EEG 分析者至少要花 16 个小时才能完成工作, 如此繁重的劳动量会影响 EEG 分析者的判断力和检测结果的正确性。

(2)视觉检测缺乏标准的制约。对于同一段脑电信号, 不同的专家会给出不同的判断结果, 即使是同一个分析者, 在不同时间对某段波形的检测结果也不相同。

EEG 自动识别目前应用的领域主要是以下几个方面: a. 神经系统的疾病诊断: 包括帕金森、Alzheimer、威尔逊、癫痫和脑瘤, 结果用于帮助诊断和定位癫痫的发作^[2~4]; b. 神经系统的功能和生理评估: 譬如放松消沉、注意、忧虑、疲劳、痛苦、睡眠激励和麻醉^[5]; c. 监测神经学伤害: 譬如低氧症、局部缺血、精神创伤和昏迷^[6]。

EEG 分析的研究是当前计算机科学与医学领域的交叉学科研究的热点问题, 目前还没有得到很好的解决。大量的线性和非线性的方法都用来分析 EEG。其中小波变换是比较成功的一种。有大量的学者用大

收稿日期: 2007-07-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60075019)

作者简介: 蔡琼(1982-), 女, 湖南益阳人, 硕士研究生, 研究方向为人工智能。

量的实验和理论研究证明了小波变换在 EEG 领域的特有的优势。尤其对于癫痫取得了很好的成果,目前 EEG 对于癫痫的识别率已经可以达到百分之九十以上的识别率了。

目前在用小波变换来进行 EEG 分析中主要存在两个问题。其一是小波变换中小波基的选取问题。当选用不同的小波函数分析同一个问题时,可能会产生不同的结果。其二是目前国内 EEG 的研究大部分仅仅是对癫痫的研究。

1 系统流程

文中 EEG 自动检测的研究中主要包括下面几个步骤:

- 1) 首先是读入数据,数据读入多路数据。
- 2) 然后对数据进行连续小波变换,来用改进的方法来选取小波基。对于每个波形标记下它们所最适合的小波基。
- 3) 随后进行多分辨分析分解。
- 4) 最后用波形模型的 6 个特征量来进行识别。
- 5) 算出各种基本小波的能量比以及给出有可能的病,给出系统自己的判断。

2 实验数据

EEG 数据是湘雅二医院提供的,湘雅的 EEG 仪的电极的安置采用国际系统,头皮单导联 16 道记录。采样频率为 250Hz,每幅脑电数据记录时间约为 10s。在这里选取其中的几个导联的数据来进行处理,每幅图的 EEG 数据记录时间为 10s,2500 个采样点。图 1 是 EEG 的示意图。

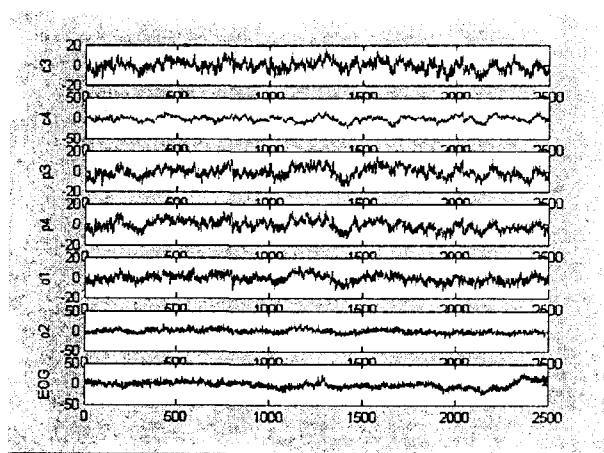


图 1 EEG 示意图

3 改进小波基

(1) 改进小波基选取方法。

目前并没有很好的小波基选取方法,传统的小波基方法都是通过自己的经验来进行选取的。这样就带有很大的主观性。由于 EEG 的分析是一个复杂的过程,它可分为 α 、 β 、 θ 、 δ 波,棘波和尖波等等。某个特定的小波基只能适应某个特定的波形。在自动识别 EEG 中,只有可以自适应的选择小波基取得更好的检测结果,才能说得上是自动识别。因为在连续小波变换当中有些小波基在多分辨分析中不能使用。而在这里可以使用的小波基有:haar 小波;coif 系小波;db 系小波;rbio 系小波;dmey 系列小波;sym 系列小波;bior 系列小波。由于小波系数的大小是表示与母小波的相近程度,那么小波系数的值越大就表示与母小波越相近。从而计算各种母小波对 EEG 分析的小波系数和偏差值,来选出小波系数最大和偏差值又相对较小的小波基。

(2) 实验仿真。

其中图 1 的 C3 导联的第一个周期为 13 个采样点(采样频率为 250 次/秒);波幅为 15.0443 μ V。

这 13 个采样点如表 1 所示。

表 1 第一个周期采样点

1	2	3	4	5	6	7
1.3448	1.2792	0.2296	-3.0504	-1.8696	-0.5248	-2.5912
8	9	10	11	12	13	
-4.3952	-4.2312	-1.3776	-0.8528	-1.5744	-4.6248	

把第一个周期的数据用各种小波基来进行连续小波变换后的性能对比如表 2 所示。

表 2 各小波基对比

小波基	小波系数	偏差
db6	0.0643	3.9076
coif4	-0.0447	5.0477
rbio1.3	-0.0567	3.5578
dmey	-0.0564	5.2260
sym5	0.0727	4.1490
bior 1.5	0.0008	0.0931

表中 db6 表示是已经从 db 系中选出的最优的小波基。对于这一段 EEG,因为 sym5 基的小波系数相对较大且偏差较小,因此最合适的是 sym5 小波基。

4 特征提取

文中的数据采样频率为 250Hz,对原始信号 $f(n)$ 进行 6 层分解原始信号为式(1):

$$f(n) = A_6 + D_6 + D_5 + D_4 + D_3 + D_2 + D_1 \quad (1)$$

各分量所对应的子频带依次为 0Hz~2Hz、2Hz~4Hz、4Hz~8Hz、8Hz~16Hz、16Hz~32Hz、32Hz~

64Hz,64Hz~125Hz。这些频率成分分别大致与 EEG 中 low δ 、high δ 、 θ 、 α 、 β 、 γ 相对应,各子带具有明确的物理含义,故采用 6 层分解。将 EEG 数据用 6 层分解^[7]。输出的分解结构包含小波分解系数向量 C 和系数长度向量 L 。系数向量 C 结构如下式(2):

$$C=[cA_6,cD_6,cD_5,cD_4,cD_3,cD_2,cD_1] \quad (2)$$

对于波型的特征,这里用波幅、周期、绝对高度、一阶差分、形态、斜度这 6 个参数来描述。因为在基本波形在临床中也有可能是异常的。

通过以上几个参数,就可以对波型进行分类识别。不同的参数则对应着不同的正常的基本波型,如表 3 所示。

表 3 基本波形正常的特征参数

基本波	绝对高度/ 波幅	频率 (Hz)	波幅 (μV)	一阶差分 (μV)	形态	斜度
α	≤ 1.5	8~11	25~75	≤ 9.4	≥ 0.3	≤ 13.5
β	≤ 1.5	11~30	5~30	≤ 9	≥ 0.18	≤ 8.4
θ	≤ 1.5	4~8	20~40	≤ 3.8	≥ 0.5	≤ 11.2
δ	≤ 1.5	1~4	10~60	≤ 3.1	≥ 0.67	≤ 9

5 性能对比

传统 MRA(多分辨分析)和文中方法的性能对比如表 4 所示。

表 4 不同病症的分类结果

分类正确率(%)	正常	癫痫	脑内伤
MRA	85.3	85.6	60.4
文中方法	89.2	90.2	75.3

表 4 中的被分析的癫痫、脑内伤的患者的都为重度异常的病患。从表 4 中可以发现文中方法的分类效果要明显好于传统的 MRA。

6 结论与展望

文中的主要目的是研究并开发出一套 EEG 自动检测系统,该系统是用 Matlab 仿真实现的。针对目前 EEG 自动识别主要针对癫痫的自动识别研究并不能很好地为病者服务,笔者对更多的病症进行自动识别。

并且对目前小波变换当中小波基的选取不够科学(都是靠经验来选取),提出了自适应小波基的选取方法。采用了自适应小波基方法,解决了小波基选取问题,有效地提高了基于小波变换的 EEG 自动检测和自动识别的效果。对脑神经相关疾病的诊断与治疗具有重要的社会效益和经济效益。

EEG 特征的识别与提取问题是神经系统科学与信号与信息处理科学的交叉,其发展受到两方面发展的制约。EEG 特征的多样性和复杂性对相关信号处理技术提出了更高的要求,单纯的方法不足以解决这一问题,多方法综合是此问题发展的主导趋势,方法的“兼容性”和“互补性”是进一步研究问题。各个学者对 EEG 特征检测的结果的评估还不一致,需要国内外学者加强合作,形成统一评估标准。在笔者的研究中还只能对某些病症进行识别,还不算真正意义上的自动识别,因此还有很长的路要走。

参考文献:

- [1] 郑效来.癫痫脑电信号特征识别与提取的研究[D].大连:大连理工大学,2005:49-52.
- [2] Besthorn C, Forstl H, Geigerkabisch C, et al. EEG coherence in Alzheimer disease[J]. Electro encephalogram, Clini. Neuro-physiol, 1994,90:242-245.
- [3] Van Cott A. Epilepsy and EEG in the elderly[J]. Epilepsia, 2002,43:94-102.
- [4] Chu N-S, Chu C-C, Tu S-C, et al. EEG spectral analysis and topographic mapping in Wilson disease[J]. J. Neurol. Sci,1991,106:1-9.
- [5] Chen A C N. Human brain measures of clinical pain - a review (1,2): to pographic mappings[J]. Pain,2002,54:115-144.
- [6] Tong S, Bezerianos A, Paul J, et al. Non extensive entropy measure of EEG following brain injury from cardiac arrest[J]. Physical A,2002,305:619-628.
- [7] 杨帮华,颜国正,鄢波.基于离散小波变换提取脑机接口中脑电特征[J].中国生物医学工程学报,2006,25(5):518-521.

(上接第 31 页)

www.caidd.Org/tools/visualization/mapnet/, 2002206205.

- [2] 王 恺,杨 峰.一种基于 GIS 的网络层次化地图模型及实现算法[J]. 计算机工程,2005,31(3):1-2.
- [3] 谢红漫.基于分层的网络拓扑结构可视化方法研究[J].北京航空航天大学学报,2004,30(6):2-3.
- [4] 卢战伟.基于 WebGIS 的网络优化研究[D].郑州:解放军信息工程大学,2004:10-15.
- [5] 郭俊杰.IP 网络拓扑发现系统设计与实现[D].北京:中国地质大学,2005:19-24.

- [6] Donnet B, Raoult P. Efficient Algorithms for Large - Scale Topology Discovery[R]. [s.l.]:[s.n.],2004:2-7.
- [7] Breitbart Y, Garofalakis M. Topology Discovery in Heterogeneous IP Networks: The NetInventory System[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking,2004,12(3):3-9.
- [8] MapInfo. MapXtreme Java Edition v4.7 developer Guide[R]. New York:MapInfo Corporation,2003:96-207.
- [9] 齐剑玲,孟小红,阚 虎.基于 Java 技术的 WebGIS 框架研究[J].微计算机信息,2004,20(3):1-2.