

信息网络综合专题之机器学习和人工智能部分

一、文献信息

1. 作者: Department of Electrical Engineering and Computer Science Massachusetts Institute of Technology sunayana@mit.edu
2. 论文题目: Asparse,data-efficient ECG representation is prediction of myocardial infarction without expert knowledge
3. 发表途径: 人工智能造福社会应用, 温哥华会议中心
4. 发表时间: 2019.12.14

二、问题意义

1. 研究问题

本文主要研究了一种稀疏、数据有效的心电图, 它可以在缺乏专家知识的情况下预测心肌梗死, 而且不需要任何专家知识来隐式或显式的帮助模型。希望通过这种方法产生的信号可以作为诊断模型中的一个预测特征组合起来, 并最终在缺乏训练有素的心脏病专家的地区实现全自动诊断系统。

2. 研究背景及意义

根据世界卫生组织的报告, 心血管疾病 (CVD) 是全球 CVD 的主要死因。其中 3/4 的死亡发生在低收入和中等收入国家, 而这些死亡绝大多数是可以通过早期诊断和风险评估, 结合生活方式的改变来预防的。但是由于这些国家很少有受过培训的专家, 所以大多数有风险的人没有办法或接触到专家来获得这些早期诊断, 从而得到合理及时的治疗。

虽然目前在心电图分析方面的最新工作对于包括心肌梗死在内的几种疾病类型都取得了很高的诊断准确率。但为了达到一定的精度, 这需要大量的预处理来编码专家知识, 以及大量的计算资源和数据库。这通常不适用于低收入国家。于是就提出了一种不同的方法: 心电图数据的稀疏表示, 只需要非常小的数据量、计算能力, 就能生成预测心肌梗死的信号。

三、思路和研究方法

1. 研究思路

本次研究的目的是在没有任何专家知识的情况下提供早期预警诊断, 供在接触专家的机会受到严重限制的国家和地区使用, 其中可扩展性和可概括性是实现这一目标的关键。

传统的心电图节拍分类利用小波转换提取相关特征, 但这种类型的分类涉及多个变量, 包括去噪和带通滤波器的设计, 这些滤波器会被调谐到对某特定数据集最具预测性的特定频率。故可以利用小波转换, 提取某个波的相位频率和幅度, 以此来进行对某种特殊病理的预测, 但这还需要一些特定于数据集的过滤和预处理工艺, 且常与传统的信号处理和诊断专家系统结合, 虽然这样在可解释性方面有优势, 但若没有大量的专家知识, 不容易概括或扩展。

在我们的研究方面, 主要需要起到预警作用, 所以可解释性不是很关键, 所以采用深度学习可以做到不需要专家系统和传统小波转换分析所需要的专家知识, 用于预测的相关知识都是由网络本身提取的。其中最成功的用于心电图分析的深度学习的例子是使用带有残余连接的一维卷积神经网络, 以便对各种类型的心律失常进行分类, 这能达到心脏病专家水平的

表现。但它需要数千个训练实例，并且只适用于心律失常。

所以我们选择将深度学习和数据效率结合在一起，如转移学习。它能够与我们提取的信号很好地结合在一起，实现完全自动化的诊断。与此方法最接近的工作是使用 1-D 卷积残差训练来区分心律失常 ECG，并使用最终层来提取 ECG-Kachuee 等人的深层表示，以一种转移学习的形式，这种深度表征被用于对健康和心肌梗死心电图的分类，具有优异的性能和 90% 以上的测试准确率。然而，遵循需要大量预处理的主题，这项工作需要一个详细的 10 步预处理流程，该流程编码了心电图形态学的专家知识。例如，选择一个质量特别好/预测性较强的 10s 子段，然后用识别 R 峰（ECG 的一个特殊形态特征）的算法将其标准化并分割成搏动。对于每个 R 峰值，在该峰值周围提取特定（计算和调谐）长度的信号部分。只有这样，分类才能产生出色的可转移性能。我们对深度表征的潜力感到兴奋，但这仍需要一些相关的专家知识才能执行。但我们希望可以既有数据效率又不需要专家知识，它可以与作为诊断特征的深度表示协同工作，添加新的有价值的信息，增加整体信号，减少对复杂预处理的需求，但复杂预处理目前是可概括、可扩展、自动化的瓶颈系统。

2. 研究方法及实验过程

建模，并使用算法，验证结果；

- 算法的输入：从 PTB 中取得所需的诊断数据（为了适用于我们研究的服务对象，即低收入国家，我们仅关注其中因心肌梗死的患者的 15 导联心电图的数据）；其中有 12 个是传统的导线，对于我们的诊断模型，使用其中一条导线作为输入，为了保证模型的输入长度的一致性，对 ECG 进行修剪，记录 38400 个样本，这是算法的输入；

- 提取的表示：从心电图中提取有价值信息的最大挑战是它的高维性，卷积神经网络降维，但它主要用于提取时间模式（如心律失常），故我们选择采用自回归，它能够通过提供直观的递归特征提取框架、适应多种疾病、比 CNN 需要的数据样本少几个数量级，有助于解决这一问题。自回归本质上就是估计一个具有代表性的多项式的系数，将自己之前的时间步的输出合并到时间步的输入，我们使用的特殊的自回归称 Burg 方法，它通过最小化前向和后向预测误差的损失来估计最适合输入信号的自回归系数，与其他生理信号特征提取的快速傅立叶变换方法相比，具有可伸缩性，不需要预处理，而且（特别是与深度学习相比）即使在少量数据上也显示出有价值的结果。

- 分类与评估：由于类不平衡可能导致精度高得令人难以置信，因此我们选择接收器工作特性（ROC）曲线下的区域作为我们的评估度量。因为 ROC-AUC 是一种对类不平衡更为稳健的度量，因此，为了我们的目的，评估更为现实，我们还通过计算 10 倍交叉验证的标准差，计算了 ROC AUC 值的置信区间。

我们评估了几个不同的分类，并比较了每个分类的性能。同时使用两种基于树的分类方法，都是集成方法：随机森林 Ho 和梯度增强树 Friedman。随机森林由 10 棵决策树组成。梯度增强树由 100 棵树组成，学习率为 0.1。此外还评估了逻辑回归，以及完全连接的神经网络 Gerven 和 Bohte 的两个隐藏层，每层 100 个单位。我们都知道，深度学习需要大量数

据来学习分类，若数据不足以用于深度学习技术以产生预测性提取特征，就要故通过包含两个深度学习基线来测试这一点：第一个是四层一维卷积神经网络（CNN），第二个是 1024 个隐藏单元的递归神经网络（使用 LSTM 细胞）。深度学习基线不使用我们提取的表示，而是提供与我们用作表示机制原始输入相同的原始 ECG 数据。目的是研究深度学习是否能够利用如此少量的数据进行自动的、预测性的特征提取。

四、实验结论

实验得到的 ROC-auc 表明，所提取的表示为这些模型提供了预测信号。梯度增强的树是最有效的，而随机森林紧随其后，这表明 CART（二分递归分割的技术）方法对于这种类型的特征集是有希望的。正如预期的那样，在数据量如此之小的情况下，两种深度学习方法都无法提供预测信号。CART 方法往往比神经网络需要更少的计算能力，这也使得它们非常适合在低收入国家和无法获得大量计算能力的环境中部署。

五、启发思考

1. 在这项研究中，采用的建模算法的过程跟我们专业中的相关的建模方法是相似的。其中信号的提取在我们通信专业也是一个很重要的方面，尤其是如何提取少量的数据信号，从中得到更多的价值信息，这是一个很有用的研究。在本次的研究中，它采用的是一种特殊的自回归也称 Burg 算法，不需要预处理，可伸缩，尤其是在少量数据的时候能够显示出更大的优势。其中提到的自回归，因其很大的优势，从而被应用于很多的范围，比如经济学，咨询学，自然现象的预测上等等。而且随机信号的自回归模型在生物医学信号处理中的应用也更为受人重视，因为由于生物和环境因素对生物医学信号的影响比较复杂，人们还无法掌握其中的规律，因此生物医学信号的特点是随机性强，不能用确定的表示恰当描述它们，它的规律要从统计结果中显示出来，故人们采用了自回归的应用模型从中提取有用的信息进行规律的分析。而这对我们通信也是一个很有用的研究方向，在双方通信的时候，外界的干扰会使传送的信号变得杂乱无章，如何在这些杂乱无章的信息中提取有用的信息并进行分析，这也是通信中要研究的一个关键。

3. 此次的研究我觉得是由很重大的意义的，对于低收入的那些国家来说，这样的研究对于很多人而言，都是一种希望，对于医生来说，可以减轻他们的负担，对于患者而言，这将是一次生的希望；这也是作为研究者和学者来说，判断其研究意义大小的重要标准。不管我们身在什么专业，不管我们研究的是什么，都是要面对社会，面对那些需要这项研究成果的人，要着眼于它的社会价值，而不能心浮气躁，为了自己的学术成果忽略社会的需求。就像我们的通信行业，也许现在社会已经不缺通信的需求，因为随着社会的发展和网络的发达，人与人之间的通信已经基本得到了满足。但我们其实要做的还很多，比如对通信安全和保密的设置，芯片的研制等等，这都可以是我们作为通信者所要去研究和学习的。总而言之，通过对这篇材料的阅读和对该研究技术的了解，我认为一项对社会有用的研究才能称得上是真正的研究。而我们，作为通信的学生，更要着眼于社会需求，努力提高自己的各个方面的能力，为未来打基础，将来回报社会，这也是我们最大的价值体现。