



(10) 授权公告号 CN 121489540 B

(45) 授权公告日 2026. 08. 25

(21) 申请号 202512025686.0

(22) 申请日 2025.12.30

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 121489540 A

(43) 申请公布日 2026.02.10

(73) 专利权人 广州索诺星信息科技有限公司

地址 510000 广东省广州市黄埔区崖鹰石
路27号自编三栋五楼504

(72) 发明人 蔡伟忠 许培达 林锡丰

(74) 专利代理机构 广州帮专高智知识产权代理
事务所(特殊普通合伙)
44674

专利代理师 何子颖

(51) Int. Cl.

A61B 8/08 (2006.01)

A61B 8/00 (2006.01)

A61B 5/021 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

G16H 50/70 (2018.01)

G06F 18/213 (2023.01)

G06F 18/25 (2023.01)

G06F 18/241 (2023.01)

(56) 对比文件

CN 108185996 A, 2018.06.22

CN 120531355 A, 2025.08.26

CN 102423264 A, 2012.04.25

审查员 孙伟

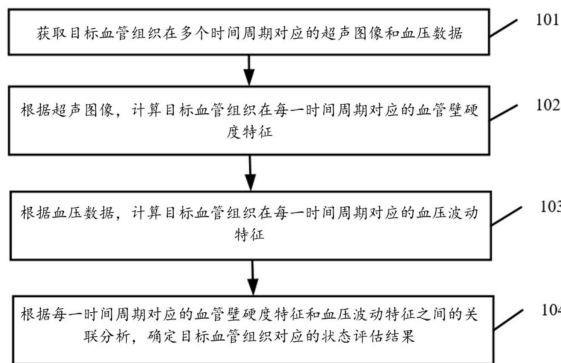
权利要求书2页 说明书13页 附图2页

(54) 发明名称

基于无损超声检测的血管状态评估方法及
系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于无损超声检测的血管状态评估方法及系统,该方法包括:获取目标血管组织在多个时间周期对应的超声图像和血压数据;根据所述超声图像,计算所述目标血管组织在每一时间周期对应的血管壁硬度特征;根据所述血压数据,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血压波动特征;根据所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征和所述血压波动特征之间的关联分析,确定所述目标血管组织对应的状态评估结果。可见,本发明能够实现基于多模态时序数据的精准血管组织健康评估,提升心血管状态早期判断的准确性与前瞻性,降低因单一指标或静态分析导致的血管状态误判风险。



1. 一种基于无损超声检测的血管状态评估方法,其特征在于,所述方法包括:
获取目标血管组织在多个时间周期对应的超声图像和血压数据;
根据所述超声图像,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征;
根据所述血压数据,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血压波动特征;
根据每一所述时间周期对应的所述血管壁硬度特征和所述血压波动特征之间的关联分析,确定所述目标血管组织对应的状态评估结果,包括:
将所述目标血管组织在所有所述时间周期对应的所述血管壁硬度特征和所述血压波动特征,分别基于时间周期从早到晚进行排序,得到硬度特征序列和血压特征序列;
计算所述硬度特征序列和所述血压特征序列之间的相关性参数;
将所述硬度特征序列输入训练好的硬度健康预测模型,以得到输出的硬度状态参数;
将所述血压特征序列输入训练好的血压健康预测模型,以得到输出的血压状态参数;
计算所述硬度状态参数和所述血压状态参数的平均值,以及计算所述平均值和所述相关性参数的乘积,以得到所述目标血管组织对应的状态评估结果。
2. 根据权利要求1所述的基于无损超声检测的血管状态评估方法,其特征在于,所述根据所述超声图像,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征,包括:
将每一所述时间周期对应的所述超声图像输入至至少两种特征类型分别对应的特征计算模型,以得到输出的所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的至少两个组织特征参数;
根据所述至少两个组织特征参数,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征。
3. 根据权利要求2所述的基于无损超声检测的血管状态评估方法,其特征在于,所述组织特征参数的特征类型为血管顺应性参数、弹性模量参数、可扩张度参数或钙化斑块相关参数;所述血管顺应性参数包括延迟顺应性参数、收缩压顺应性参数、舒张压顺应性参数和平均压顺应性参数中的至少一种;所述弹性模型参数包括体积弹性模量参数、杨氏弹性模量参数和彼得森弹性模量参数中的至少一种。
4. 根据权利要求2所述的基于无损超声检测的血管状态评估方法,其特征在于,所述特征计算模型用于执行以下步骤:
对于每一所述时间周期,将该时间周期对应的所有所述超声图像基于对应的获取时间点从早到晚进行排序,得到对应的图像序列数据;
将所述图像序列数据输入至训练好的LSTM神经网络模型,以得到输出的所述目标血管组织在该时间周期对应的组织特征参数;所述LSTM神经网络通过包括有多个训练血管图像序列和对应的特征类型的参数标注的训练数据集训练得到。
5. 根据权利要求2所述的基于无损超声检测的血管状态评估方法,其特征在于,所述根据所述至少两个组织特征参数,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征,包括:
根据预设的组织特征和血管壁硬度的参数对应关系,确定每一所述组织特征参数对应

的血管壁硬度参数；

计算每一所述时间周期对应的所有所述组织特征参数对应的血管壁硬度参数组成的参数矩阵,得到所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征。

6.根据权利要求1所述的基于无损超声检测的血管状态评估方法,其特征在于,所述根据所述血压数据,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血压波动特征,包括:

对于每一所述时间周期,确定该时间周期对应的所有所述血压数据以及对应的数据获取时间点;

基于多项式拟合算法对所有所述血压数据以及对应的数据获取时间点进行拟合,以得到该时间周期对应的血压随时间变化的系数集合,以得到所述目标血管组织在该时间周期对应的血压波动特征。

7.根据权利要求1所述的基于无损超声检测的血管状态评估方法,其特征在于,所述方法还包括:

在所述状态评估结果低于预设的结果阈值时,获取所述目标血管组织对应的用户的用户年龄;

从历史数据库中筛选出年龄与所述用户年龄之间的年龄差小于预设阈值的多个历史用户的历史状态评估结果;

计算所述状态评估结果和每一所述历史状态评估结果之间的结果差异度的平均值,得到差异度参数;

计算与所述差异度参数成正比的年龄参数;

计算所述用户年龄与所述年龄参数的差值,得到所述目标血管组织对应的血管年龄参数。

8.一种基于无损超声检测的血管状态评估系统,其特征在于,所述系统执行如权利要求1-7任一项所述的基于无损超声检测的血管状态评估方法,所述系统包括:

获取模块,用于获取目标血管组织在多个时间周期对应的超声图像和血压数据;

第一计算模块,用于根据所述超声图像,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征;

第二计算模块,用于根据所述血压数据,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血压波动特征;

确定模块,用于根据每一所述时间周期对应的所述血管壁硬度特征和所述血压波动特征之间的关联分析,确定所述目标血管组织对应的状态评估结果。

9.一种基于无损超声检测的血管状态评估系统,其特征在于,所述系统包括:

存储有可执行程序代码的存储器;

与所述存储器耦合的处理器;

所述处理器调用所述存储器中存储的所述可执行程序代码,执行如权利要求1-7任一项所述的基于无损超声检测的血管状态评估方法。

基于无损超声检测的血管状态评估方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及数据处理技术领域,尤其涉及一种基于无损超声检测的血管状态评估方法及系统。

背景技术

[0002] 随着心血管健康早期筛查需求的快速增长,医疗机构越来越重视通过超声检测数据来实现血管组织健康精准评估,其中,如何提升诊断前瞻性以降低血管状态误判风险成为关键技术问题。现有技术通常通过采集目标血管组织的单一时间点的超声图像,采用人工评估或简单的参数计算方法评估血管壁硬度,并给出健康状态结论。现有解决方案因缺乏对多个时间周期超声图像与血压数据的时序特征提取以及硬度与波动特征的动态关联分析,难以准确确定血管组织健康状态,无法捕捉血管动态变化,导致评估准确性与前瞻性不足,易因指标孤立或时序忽略引发血管状态误判,限制了心血管早期筛查的可靠性和临床价值。可见,现有技术存在缺陷,亟待解决。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题在于,提供一种基于无损超声检测的血管状态评估方法及系统,能够实现基于多模态时序数据的精准血管组织健康评估,提升心血管状态早期判断的准确性与前瞻性,降低因单一指标或静态分析导致的血管状态误判风险。

[0004] 为了解决上述技术问题,本发明第一方面公开了一种基于无损超声检测的血管状态评估方法,所述方法包括:

获取目标血管组织在多个时间周期对应的超声图像和血压数据;

根据所述超声图像,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征;

根据所述血压数据,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血压波动特征;

根据每一所述时间周期对应的所述血管壁硬度特征和所述血压波动特征之间的关联分析,确定所述目标血管组织对应的状态评估结果。

[0005] 作为一个可选的实施方式,在本发明第一方面中,所述根据所述超声图像,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征,包括:

将每一所述时间周期对应的所述超声图像输入至至少两种特征类型分别对应的特征计算模型,以得到输出的所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的至少两个组织特征参数;

根据所述至少两个组织特征参数,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征。

[0006] 作为一个可选的实施方式,在本发明第一方面中,所述组织特征参数的特征类型为血管顺应性参数、弹性模量参数、可扩张度参数或钙化斑块相关参数;所述血管顺应性参

数包括延迟顺应性参数、收缩压顺应性参数、舒张压顺应性参数和平均压顺应性参数中的至少一种；所述弹性模型参数包括体积弹性模量参数、杨氏弹性模量参数和彼得森弹性模量参数中的至少一种。

[0007] 作为一个可选的实施方式，在本发明第一方面中，所述特征计算模型用于执行以下步骤：

对于每一所述时间周期，将该时间周期对应的所有所述超声图像基于对应的获取时间点从早到晚进行排序，得到对应的图像序列数据；

将所述图像序列数据输入至训练好的LSTM神经网络模型，以得到输出的所述目标血管组织在该时间周期对应的组织特征参数；所述LSTM神经网络通过包括有多个训练血管图像序列和对应的特征类型的参数标注的训练数据集训练得到。

[0008] 作为一个可选的实施方式，在本发明第一方面中，所述根据所述至少两个组织特征参数，计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征，包括：

根据预设的组织特征和血管壁硬度的参数对应关系，确定每一所述组织特征参数对应的血管壁硬度参数；

计算每一所述时间周期对应的所有所述组织特征参数对应的血管壁硬度参数组成的参数矩阵，得到所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征。

[0009] 作为一个可选的实施方式，在本发明第一方面中，所述根据所述血压数据，计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血压波动特征，包括：

对于每一所述时间周期，确定该时间周期对应的所有所述血压数据以及对应的数据获取时间点；

基于多项式拟合算法对所有所述血压数据以及对应的数据获取时间点进行拟合，以得到该时间周期对应的血压随时间变化的系数集合，以得到所述目标血管组织在该时间周期对应的血压波动特征。

[0010] 作为一个可选的实施方式，在本发明第一方面中，所述根据每一所述时间周期对应的所述血管壁硬度特征和所述血压波动特征之间的关联分析，确定所述目标血管组织对应的状态评估结果，包括：

将所述目标血管组织在所有所述时间周期对应的所述血管壁硬度特征和所述血压波动特征，分别基于时间周期从早到晚进行排序，得到硬度特征序列和血压特征序列；

计算所述硬度特征序列和所述血压特征序列之间的相关性参数；

将所述硬度特征序列输入训练好的硬度健康预测模型，以得到输出的硬度状态参数；

将所述血压特征序列输入训练好的血压健康预测模型，以得到输出的血压状态参数；

计算所述硬度状态参数和所述血压状态参数的平均值，以及计算所述平均值和所述相关性参数的乘积，以得到所述目标血管组织对应的状态评估结果。

[0011] 作为一个可选的实施方式，在本发明第一方面中，所述方法还包括：

在所述状态评估结果低于预设的结果阈值时，获取所述目标血管组织对应的用户的用户年龄；

从历史数据库中筛选出年龄与所述用户年龄之间的年龄差小于预设阈值的多个

历史用户的历史状态评估结果；

计算所述状态评估结果和每一所述历史状态评估结果之间的结果差异度的平均值,得到差异度参数；

计算与所述差异度参数成正比的年龄参数；

计算所述用户年龄与所述年龄参数的差值,得到所述目标血管组织对应的血管年龄参数。

[0012] 本发明实施例第二方面公开了一种基于无损超声检测的血管状态评估系统,所述系统包括:

获取模块,用于获取目标血管组织在多个时间周期对应的超声图像和血压数据;

第一计算模块,用于根据所述超声图像,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征;

第二计算模块,用于根据所述血压数据,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血压波动特征;

确定模块,用于根据每一所述时间周期对应的所述血管壁硬度特征和所述血压波动特征之间的关联分析,确定所述目标血管组织对应的状态评估结果。

[0013] 作为一个可选的实施方式,在本发明第二方面中,所述第一计算模块根据所述超声图像,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征的具体方式,包括:

将每一所述时间周期对应的所述超声图像输入至至少两种特征类型分别对应的特征计算模型,以得到输出的所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的至少两个组织特征参数;

根据所述至少两个组织特征参数,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征。

[0014] 作为一个可选的实施方式,在本发明第二方面中,所述组织特征参数的特征类型为血管顺应性参数、弹性模量参数、可扩张度参数或钙化斑块相关参数;所述血管顺应性参数包括延迟顺应性参数、收缩压顺应性参数、舒张压顺应性参数和平均压顺应性参数中的至少一种;所述弹性模型参数包括体积弹性模量参数、杨氏弹性模量参数和彼得森弹性模量参数中的至少一种。

[0015] 作为一个可选的实施方式,在本发明第二方面中,所述特征计算模型用于执行以下步骤:

对于每一所述时间周期,将该时间周期对应的所有所述超声图像基于对应的获取时间点从早到晚进行排序,得到对应的图像序列数据;

将所述图像序列数据输入至训练好的LSTM神经网络模型,以得到输出的所述目标血管组织在该时间周期对应的组织特征参数;所述LSTM神经网络通过包括有多个训练血管图像序列和对应的特征类型的参数标注的训练数据集训练得到。

[0016] 作为一个可选的实施方式,在本发明第二方面中,所述第一计算模块根据所述至少两个组织特征参数,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征的具体方式,包括:

根据预设的组织特征和血管壁硬度的参数对应关系,确定每一所述组织特征参数

对应的血管壁硬度参数；

计算每一所述时间周期对应的所有所述组织特征参数对应的血管壁硬度参数组成的参数矩阵,得到所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血管壁硬度特征。

[0017] 作为一个可选的实施方式,在本发明第二方面中,所述第二计算模块根据所述血压数据,计算所述目标血管组织在每一所述时间周期对应的血压波动特征的具体方式,包括:

对于每一所述时间周期,确定该时间周期对应的所有所述血压数据以及对应的数据获取时间点;

基于多项式拟合算法对所有所述血压数据以及对应的数据获取时间点进行拟合,以得到该时间周期对应的血压随时间变化的系数集合,以得到所述目标血管组织在该时间周期对应的血压波动特征。

[0018] 作为一个可选的实施方式,在本发明第二方面中,所述确定模块根据每一所述时间周期对应的所述血管壁硬度特征和所述血压波动特征之间的关联分析,确定所述目标血管组织对应的状态评估结果的具体方式,包括:

将所述目标血管组织在所有所述时间周期对应的所述血管壁硬度特征和所述血压波动特征,分别基于时间周期从早到晚进行排序,得到硬度特征序列和血压特征序列;

计算所述硬度特征序列和所述血压特征序列之间的相关性参数;

将所述硬度特征序列输入训练好的硬度健康预测模型,以得到输出的硬度状态参数;

将所述血压特征序列输入训练好的血压健康预测模型,以得到输出的血压状态参数;

计算所述硬度状态参数和所述血压状态参数的平均值,以及计算所述平均值和所述相关性参数的乘积,以得到所述目标血管组织对应的状态评估结果。

[0019] 作为一个可选的实施方式,在本发明第二方面中,所述系统还用于执行以下步骤:

在所述状态评估结果低于预设的结果阈值时,获取所述目标血管组织对应的用户的用户年龄;

从历史数据库中筛选出年龄与所述用户年龄之间的年龄差小于预设阈值的多个历史用户的历史状态评估结果;

计算所述状态评估结果和每一所述历史状态评估结果之间的结果差异度的平均值,得到差异度参数;

计算与所述差异度参数成正比的年龄参数;

计算所述用户年龄与所述年龄参数的差值,得到所述目标血管组织对应的血管年龄参数。

[0020] 本发明第三方面公开了另一种基于无损超声检测的血管状态评估系统,所述系统包括:

存储有可执行程序代码的存储器;

与所述存储器耦合的处理器;

所述处理器调用所述存储器中存储的所述可执行程序代码,执行本发明第一方面公开的基于无损超声检测的血管状态评估方法中的部分或全部步骤。

[0021] 本发明第四方面公开了一种计算机存储介质,所述计算机存储介质存储有计算机指令,所述计算机指令被调用时,用于执行本发明第一方面公开的基于无损超声检测的血管状态评估方法中的部分或全部步骤。

[0022] 与现有技术相比,本发明实施例具有以下有益效果:

本发明通过获取目标血管组织在多个时间周期的超声图像和血压数据,计算血管壁硬度特征与血压波动特征并进行关联分析确定状态评估结果,从而能够实现基于多模态时序数据的精准血管组织健康评估,提升心血管状态早期判断的准确性与前瞻性,降低因单一指标或静态分析导致的血管状态误判风险。

附图说明

[0023] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0024] 图1是本发明实施例公开的一种基于无损超声检测的血管状态评估方法的流程示意图。

[0025] 图2是本发明实施例公开的一种基于无损超声检测的血管状态评估系统的结构示意图。

[0026] 图3是本发明实施例公开的另一种基于无损超声检测的血管状态评估系统的结构示意图。

具体实施方式

[0027] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0028] 本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别不同对象,而不是用于描述特定顺序。此外,术语“包括”和“具有”以及它们任何变形,意图在于覆盖不排他的包含。例如包含了一系列步骤或单元的过程、方法、装置、产品或设备没有限定于已列出的步骤或单元,而是可选地还包括没有列出的步骤或单元,或可选地还包括对于这些过程、方法、产品或设备固有的其他步骤或单元。

[0029] 在本文中提及“实施例”意味着,结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本发明的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例,也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是,本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

[0030] 本发明公开了一种基于无损超声检测的血管状态评估方法及系统,通过获取目标血管组织在多个时间周期的超声图像和血压数据,计算血管壁硬度特征与血压波动特征并进行关联分析确定状态评估结果,从而能够实现基于多模态时序数据的精准血管组织健康评估,提升心血管状态早期判断的准确性与前瞻性,降低因单一指标或静态分析导致的血

管状态误判风险。以下分别进行详细说明。

[0031] 实施例一

请参阅图1,图1是本发明实施例公开的一种基于无损超声检测的血管状态评估方法的流程示意图。其中,图1所描述的基于无损超声检测的血管状态评估方法可以应用于数据处理系统/数据处理设备/数据处理服务器(其中,该服务器包括本地处理服务器或云处理服务器)中。如图1所示,该基于无损超声检测的血管状态评估方法可以包括以下操作:

101、获取目标血管组织在多个时间周期对应的超声图像和血压数据。

[0032] 可选的,该多个时间周期可以为心脏收缩期和舒张期组成的完整心动周期,或连续多个心动周期,本发明不做限定。

[0033] 可选的,该超声图像可以为B模式灰度图像、M模式运动曲线或彩色多普勒血流图像,本发明不做限定。

[0034] 可选的,该血压数据可以为同步采集的袖带血压或连续无创血压监测值,本发明不做限定。

[0035] 102、根据超声图像,计算目标血管组织在每一时间周期对应的血管壁硬度特征。

[0036] 可选的,该血管壁硬度特征可以为弹性模量、硬度指数或脉搏波传导速度,本发明不做限定。

[0037] 103、根据血压数据,计算目标血管组织在每一时间周期对应的血压波动特征。

[0038] 可选的,该血压波动特征可以为收缩压-舒张压差值、血压变异系数或脉压,本发明不做限定。

[0039] 104、根据每一时间周期对应的血管壁硬度特征和血压波动特征之间的关联分析,确定目标血管组织对应的状态评估结果。

[0040] 可选的,该状态评估结果可以为血管健康评分或风险等级,本发明不做限定。

[0041] 可见,上述发明实施例通过获取目标血管组织在多个时间周期的超声图像和血压数据,计算血管壁硬度特征与血压波动特征并进行关联分析确定状态评估结果,从而能够实现基于多模态时序数据的精准血管组织健康评估,提升心血管状态早期判断的准确性与前瞻性,降低因单一指标或静态分析导致的血管状态误判风险。

[0042] 作为一个可选的实施例,上述步骤中的,根据超声图像,计算目标血管组织在每一时间周期对应的血管壁硬度特征,包括:

将每一时间周期对应的超声图像输入至至少两种特征类型分别对应的特征计算模型,以得到输出的目标血管组织在每一时间周期对应的至少两个组织特征参数;

根据至少两个组织特征参数,计算目标血管组织在每一时间周期对应的血管壁硬度特征。

[0043] 可选的,组织特征参数的特征类型为血管顺应性参数、弹性模量参数、可扩张度参数或钙化斑块相关参数。

[0044] 可选的,血管顺应性参数包括延迟顺应性参数、收缩压顺应性参数、舒张压顺应性参数和平均压顺应性参数中的至少一种。

[0045] 可选的,弹性模型参数包括体积弹性模量参数、杨氏弹性模量参数和彼得森弹性模量参数中的至少一种。

[0046] 可见,通过上述可选的实施例,通过将每时间周期超声图像输入多种特征类型对

应特征计算模型输出组织特征参数并计算血管壁硬度特征,实现基于多模型融合的精准硬度量化评估,提升血管壁硬度特征提取的全面性与精确性,降低因单一特征模型导致的硬度评估偏差风险。

[0047] 作为一个可选的实施例,上述步骤中的特征计算模型用于执行以下步骤:

对于每一时间周期,将该时间周期对应的所有超声图像基于对应的获取时间点从早到晚进行排序,得到对应的图像序列数据;

将图像序列数据输入至训练好的LSTM神经网络模型,以得到输出的目标血管组织在该时间周期对应的组织特征参数。

[0048] 可选的,LSTM神经网络通过包括有多个训练血管图像序列和对应的特征类型的参数标注的训练数据集训练得到。

[0049] 可选的,该LSTM神经网络模型可以为3层长短期记忆网络,每层隐藏单元数量为256,添加双向结构和注意力机制,使用均方误差损失函数,在8万条血管超声序列上训练100个训练轮次,参数预测误差小于4.2%,本发明不做限定。

[0050] 可见,通过上述可选的实施例,通过将时间周期超声图像按时间排序成图像序列输入训练好的LSTM神经网络模型输出组织特征参数,实现基于时序图像序列的精准特征动态捕捉,提升血管组织特征计算的连续性与可靠性,降低因图像孤立分析导致的特征失真风险。

[0051] 作为一个可选的实施例,上述步骤中的,根据至少两个组织特征参数,计算目标血管组织在每一时间周期对应的血管壁硬度特征,包括:

根据预设的组织特征和血管壁硬度的参数对应关系,确定每一组织特征参数对应的血管壁硬度参数;

计算每一时间周期对应的所有组织特征参数对应的血管壁硬度参数组成的参数矩阵,得到目标血管组织在每一时间周期对应的血管壁硬度特征。

[0052] 可选的,该参数对应关系可以为经验公式,如硬度指数 = $k_1 \times \text{厚度} + k_2 \times \text{斑块负荷}$,本发明不做限定。

[0053] 可选的,该参数矩阵可以为时间周期数 $\times$ 硬度参数维度的矩阵,本发明不做限定。

[0054] 可见,通过上述可选的实施例,通过基于组织特征与血管壁硬度参数对应关系计算参数矩阵作为血管壁硬度特征,实现多组织特征到硬度特征的精准矩阵化映射,提升硬度特征的结构化表征与可比性,降低因参数对应关系模糊导致的硬度计算误差风险。

[0055] 作为一个可选的实施例,上述步骤中的,根据血压数据,计算目标血管组织在每一时间周期对应的血压波动特征,包括:

对于每一时间周期,确定该时间周期对应的所有血压数据以及对应的数据获取时间点;

基于多项式拟合算法对所有血压数据以及对应的数据获取时间点进行拟合,以得到该时间周期对应的血压随时间变化的系数集合,以得到目标血管组织在该时间周期对应的血压波动特征。

[0056] 可选的,该多项式拟合算法可以为3阶多项式最小二乘拟合,得到4个系数表示波动曲线,本发明不做限定。

[0057] 可见,通过上述可选的实施例,通过多项式拟合算法对血压数据与时间点拟合得

到系数集合作为血压波动特征,实现血压随时间变化的精准非线性建模,提升血压波动特征的动态性和预测性,降低因简单统计导致的波动特征失真风险。

[0058] 作为一个可选的实施例,上述步骤中的,根据每一时间周期对应的血管壁硬度特征和血压波动特征之间的关联分析,确定目标血管组织对应的状态评估结果,包括:

将目标血管组织在所有时间周期对应的血管壁硬度特征和血压波动特征,分别基于时间周期从早到晚进行排序,得到硬度特征序列和血压特征序列;

计算硬度特征序列和血压特征序列之间的相关性参数;

将硬度特征序列输入训练好的硬度健康预测模型,以得到输出的硬度状态参数;

将血压特征序列输入训练好的血压健康预测模型,以得到输出的血压状态参数;

计算硬度状态参数和血压状态参数的平均值,以及计算平均值和相关性参数的乘积,以得到目标血管组织对应的状态评估结果。

[0059] 可选的,该相关性参数可以为皮尔逊相关系数或互信息值,本发明不做限定。

[0060] 可选的,该硬度健康预测模型可以为全连接神经网络,输入维度为序列长度 $\times$ 特征维,隐藏层512-256-128,输出健康评分0-100,在12万条序列上训练,本发明不做限定。

[0061] 可选的,该血压健康预测模型结构与硬度模型类似,专用于血压波动评估,本发明不做限定。

[0062] 可见,通过上述可选的实施例,通过排序血管壁硬度特征与血压波动特征序列计算相关性参数,并分别输入硬度与血压健康预测模型输出状态参数后结合相关性乘积得到状态评估结果,实现基于相关性与双模型融合的精准血管状态综合评估,提升评估结果的客观性与全面性,降低因相关性忽略导致的状态误判风险。

[0063] 作为一个可选的实施例,上述步骤中的,该方法还包括:

在状态评估结果低于预设的结果阈值时,获取目标血管组织对应的用户的用户年龄;

从历史数据库中筛选出年龄与用户年龄之间的年龄差小于预设阈值的多个历史用户的历史状态评估结果;

计算状态评估结果和每一历史状态评估结果之间的结果差异度的平均值,得到差异度参数;

计算与差异度参数成正比的年龄参数;

计算用户年龄与年龄参数的差值,得到目标血管组织对应的血管年龄参数。

[0064] 可选的,该差异度参数反映与同龄人相比的血管老化程度,本发明不做限定。

[0065] 可见,通过上述可选的实施例,通过在状态评估结果低于阈值时基于用户年龄筛选历史相似用户计算差异度参数并生成血管年龄参数,实现基于年龄匹配与差异量化的精准血管老化评估,提升血管健康管理的个性化与预警价值,降低因年龄因素未考虑导致的健康评估泛化风险。

[0066] 实施例二

请参阅图2,图2是本发明实施例公开的一种基于无损超声检测的血管状态评估系统的结构示意图。其中,图2所描述的基于无损超声检测的血管状态评估系统可以应用于数据处理系统/数据处理设备/数据处理服务器(其中,该服务器包括本地处理服务器或云处理服务器)中。如图2所示,该基于无损超声检测的血管状态评估系统可以包括:

获取模块201,用于获取目标血管组织在多个时间周期对应的超声图像和血压数据。

[0067] 第一计算模块202,用于根据超声图像,计算目标血管组织在每一时间周期对应的血管壁硬度特征。

[0068] 第二计算模块203,用于根据血压数据,计算目标血管组织在每一时间周期对应的血压波动特征。

[0069] 确定模块204,用于根据每一时间周期对应的血管壁硬度特征和血压波动特征之间的关联分析,确定目标血管组织对应的状态评估结果。

[0070] 可见,上述发明实施例通过获取目标血管组织在多个时间周期的超声图像和血压数据,计算血管壁硬度特征与血压波动特征并进行关联分析确定状态评估结果,从而能够实现基于多模态时序数据的精准血管组织健康评估,提升心血管状态早期判断的准确性与前瞻性,降低因单一指标或静态分析导致的血管状态误判风险。

[0071] 作为一个可选的实施例,第一计算模块根据超声图像,计算目标血管组织在每一时间周期对应的血管壁硬度特征的具体方式,包括:

将每一时间周期对应的超声图像输入至至少两种特征类型分别对应的特征计算模型,以得到输出的目标血管组织在每一时间周期对应的至少两个组织特征参数;

根据至少两个组织特征参数,计算目标血管组织在每一时间周期对应的血管壁硬度特征。

[0072] 可见,通过上述可选的实施例,通过将每时间周期超声图像输入多种特征类型对应特征计算模型输出组织特征参数并计算血管壁硬度特征,实现基于多模型融合的精准硬度量化评估,提升血管壁硬度特征提取的全面性与精确性,降低因单一特征模型导致的硬度评估偏差风险。

[0073] 作为一个可选的实施例,组织特征参数的特征类型为血管顺应性参数、弹性模量参数、可扩张度参数或钙化斑块相关参数;血管顺应性参数包括延迟顺应性参数、收缩压顺应性参数、舒张压顺应性参数和平均压顺应性参数中的至少一种;弹性模型参数包括体积弹性模量参数、杨氏弹性模量参数和彼得森弹性模量参数中的至少一种。

[0074] 可见,通过上述可选的实施例,限定了组织特征参数的特征类型,以使得本方案的评估结果精准表征血管组织的全面的硬度相关特征,辅助实现精准血管组织健康评估,提升心血管状态早期判断的准确性与前瞻性,降低因单一指标或静态分析导致的血管状态误判风险。

[0075] 作为一个可选的实施例,特征计算模型用于执行以下步骤:

对于每一时间周期,将该时间周期对应的所有超声图像基于对应的获取时间点从早到晚进行排序,得到对应的图像序列数据;

将图像序列数据输入至训练好的LSTM神经网络模型,以得到输出的目标血管组织在该时间周期对应的组织特征参数;LSTM神经网络通过包括有多个训练血管图像序列和对应的特征类型的参数标注的训练数据集训练得到。

[0076] 可见,通过上述可选的实施例,通过将时间周期超声图像按时间排序成图像序列输入训练好的LSTM神经网络模型输出组织特征参数,实现基于时序图像序列的精准特征动态捕捉,提升血管组织特征计算的连续性与可靠性,降低因图像孤立分析导致的特征失真

风险。

[0077] 作为一个可选的实施例,第一计算模块根据至少两个组织特征参数,计算目标血管组织在每一时间周期对应的血管壁硬度特征的具体方式,包括:

根据预设的组织特征和血管壁硬度的参数对应关系,确定每一组织特征参数对应的血管壁硬度参数;

计算每一时间周期对应的所有组织特征参数对应的血管壁硬度参数组成的参数矩阵,得到目标血管组织在每一时间周期对应的血管壁硬度特征。

[0078] 可见,通过上述可选的实施例,通过基于组织特征与血管壁硬度参数对应关系计算参数矩阵作为血管壁硬度特征,实现多组织特征到硬度特征的精准矩阵化映射,提升硬度特征的结构化表征与可比性,降低因参数对应关系模糊导致的硬度计算误差风险。

[0079] 作为一个可选的实施例,第二计算模块根据血压数据,计算目标血管组织在每一时间周期对应的血压波动特征的具体方式,包括:

对于每一时间周期,确定该时间周期对应的所有血压数据以及对应的数据获取时间点;

基于多项式拟合算法对所有血压数据以及对应的数据获取时间点进行拟合,以得到该时间周期对应的血压随时间变化的系数集合,以得到目标血管组织在该时间周期对应的血压波动特征。

[0080] 可见,通过上述可选的实施例,通过多项式拟合算法对血压数据与时间点拟合得到系数集合作为血压波动特征,实现血压随时间变化的精准非线性建模,提升血压波动特征的动态性和预测性,降低因简单统计导致的波动特征失真风险。

[0081] 作为一个可选的实施例,确定模块根据每一时间周期对应的血管壁硬度特征和血压波动特征之间的关联分析,确定目标血管组织对应的状态评估结果的具体方式,包括:

将目标血管组织在所有时间周期对应的血管壁硬度特征和血压波动特征,分别基于时间周期从早到晚进行排序,得到硬度特征序列和血压特征序列;

计算硬度特征序列和血压特征序列之间的相关性参数;

将硬度特征序列输入训练好的硬度健康预测模型,以得到输出的硬度状态参数;

将血压特征序列输入训练好的血压健康预测模型,以得到输出的血压状态参数;

计算硬度状态参数和血压状态参数的平均值,以及计算平均值和相关性参数的乘积,以得到目标血管组织对应的状态评估结果。

[0082] 可见,通过上述可选的实施例,通过排序血管壁硬度特征与血压波动特征序列计算相关性参数,并分别输入硬度与血压健康预测模型输出状态参数后结合相关性乘积得到状态评估结果,实现基于相关性与双模型融合的精准血管状态综合评估,提升评估结果的客观性与全面性,降低因相关性忽略导致的状态误判风险。

[0083] 作为一个可选的实施例,该系统还用于执行以下步骤:

在状态评估结果低于预设的结果阈值时,获取目标血管组织对应的用户的用户年龄;

从历史数据库中筛选出年龄与用户年龄之间的年龄差小于预设阈值的多个历史用户的历史状态评估结果;

计算状态评估结果和每一历史状态评估结果之间的结果差异度的平均值,得到差

异度参数；

计算与差异度参数成正比的年龄参数；

计算用户年龄与年龄参数的差值，得到目标血管组织对应的血管年龄参数。

[0084] 可见，通过上述可选的实施例，通过在状态评估结果低于阈值时基于用户年龄筛选历史相似用户计算差异度参数并生成血管年龄参数，实现基于年龄匹配与差异量化的精准血管老化评估，提升血管健康管理的个性化与预警价值，降低因年龄因素未考虑导致的健康评估泛化风险。

[0085] 实施例三

请参阅图3，图3是本发明实施例公开的又一种基于无损超声检测的血管状态评估系统。图3所描述的基于无损超声检测的血管状态评估系统应用于数据处理系统/数据处理设备/数据处理服务器（其中，该服务器包括本地处理服务器或云处理服务器）中。如图3所示，该基于无损超声检测的血管状态评估系统可以包括：

存储有可执行程序代码的存储器301；

与存储器301耦合的处理器302；

其中，处理器302调用存储器301中存储的可执行程序代码，用于执行实施例一所描述的基于无损超声检测的血管状态评估方法的步骤。

[0086] 实施例四

本发明实施例公开了一种计算机读存储介质，其存储用于电子数据交换的计算机程序，其中，该计算机程序使得计算机执行实施例一所描述的基于无损超声检测的血管状态评估方法的步骤。

[0087] 实施例五

本发明实施例公开了一种计算机程序产品，该计算机程序产品包括存储了计算机程序的非瞬时性计算机可读存储介质，且该计算机程序可操作来使计算机执行实施例一所描述的基于无损超声检测的血管状态评估方法的步骤。

[0088] 上述对本说明书特定实施例进行了描述，其它实施例在所附权利要求书的范围内。在一些情况下，在权利要求书中记载的动作或步骤可以按照不同于实施例中的顺序来执行并且仍然可以实现期望的结果。另外，附图中描绘的过程不一定必须按照示出的特定顺序或者连续顺序才能实现期望的结果。在某些实施方式中，多任务处理和并行处理也是可以的或者可能是有利的。

[0089] 上述实施例阐明的系统、装置、模块或单元，具体可以由计算机芯片或实体实现，或者由具有某种功能的产品来实现。一种典型的实现设备为计算机。具体的，计算机例如可以为个人计算机、膝上型计算机、蜂窝电话、相机电话、智能电话、个人数字助理、媒体播放器、导航设备、电子邮件设备、游戏控制台、平板计算机、可穿戴设备或者这些设备中的任何设备的组合。

[0090] 为了描述的方便，描述以上装置时以功能分为各种单元分别描述。当然，在实施本说明书时可以把各单元的功能在同一个或多个软件和/或硬件中实现。

[0091] 本领域内的技术人员应明白，本说明书实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本说明书实施例可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本说明书实施例可采用在一个或多个其中包含有计算机可用

程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0092] 本说明书是参照根据本说明书实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0093] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0094] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0095] 在一个典型的配置中,计算设备包括一个或多个处理器(CPU)、输入/输出接口、网络接口和内存。

[0096] 内存可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器,随机存取存储器(RAM)和/或非易失性内存等形式,如只读存储器(ROM)或闪存(flash RAM)。内存是计算机可读介质的示例。

[0097] 计算机可读介质包括永久性和非永久性、可移动和非可移动媒体可以由任何方法或技术来实现信息存储。信息可以是计算机可读指令、数据结构、程序的模块或其他数据。计算机的存储介质的例子包括,但不限于相变内存(PRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、其他类型的随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、快闪记忆体或其他内存技术、只读光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能光盘(DVD)或其他光学存储、磁盒式磁带,磁带式磁盘存储或其他磁性存储设备或任何其他非传输介质,可用于存储可以被计算设备访问的信息。按照本文中的界定,计算机可读介质不包括暂存电脑可读媒体(transitory media),如调制的数据信号和载波。

[0098] 还需要说明的是,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0099] 本说明书可以在由计算机执行的计算机可执行指令的一般上下文中描述,例如程序模块。一般地,程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、组件、数据结构等等。也可以在分布式计算环境中实践本说明书,在这些分布式计算环境中,由通过通信网络而被连接的远程处理设备来执行任务。在分布式计算环境中,程序模块

可以位于包括存储设备在内的本地和远程计算机存储介质中。

[0100] 本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其,对于系统实施例而言,由于其基本相似于方法实施例,所以描述的比较简单,相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

[0101] 最后应说明的是:本发明实施例公开的一种基于无损超声检测的血管状态评估方法及系统所揭露的仅为本发明较佳实施例而已,仅用于说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解;其依然可以对前述各项实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或替换,并不使相应的技术方案的本质脱离本发明各项实施例技术方案的精神和范围。

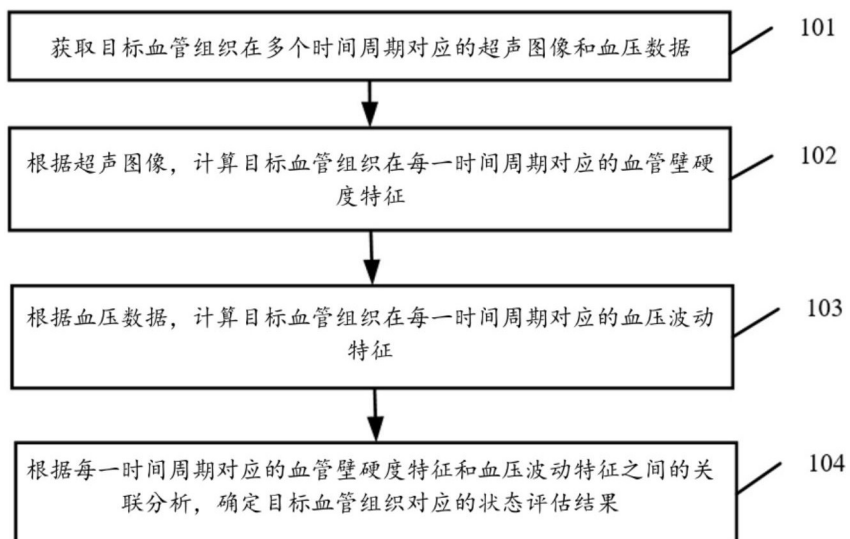


图1

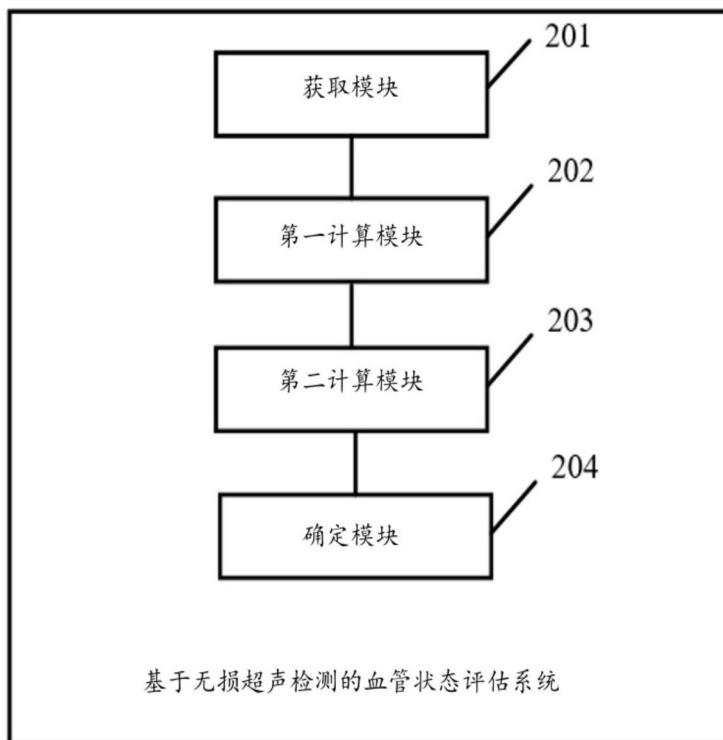


图2

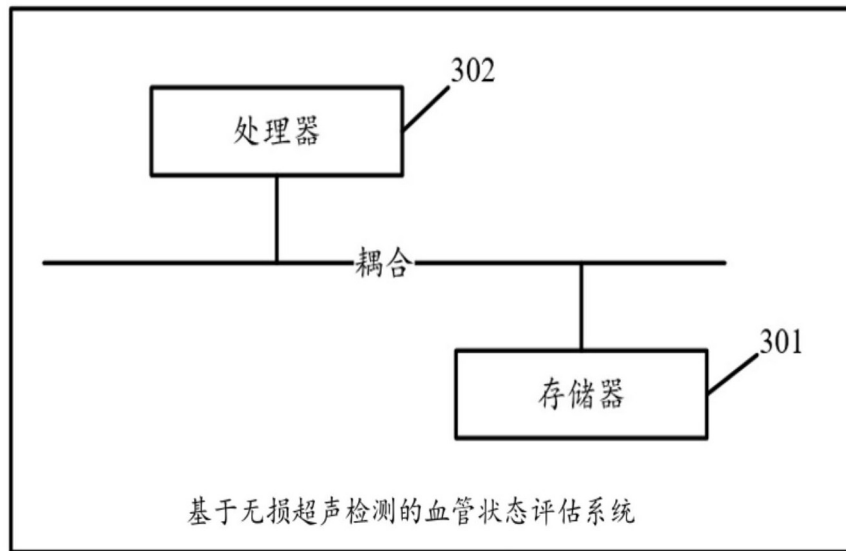


图3