



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113648059 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 16

(21) 申请号 202110987269.3

(22) 申请日 2021.08.26

(71) 申请人 上海联影医疗科技股份有限公司  
地址 201807 上海市嘉定区城北路2258号

(72) 发明人 郭健

(74) 专利代理机构 北京华进京联知识产权代理有限公司 11606

代理人 唐德君

(51) Int. Cl.

A61B 34/10 (2016.01)

G06N 3/04 (2006.01)

G06N 3/08 (2006.01)

G06N 20/00 (2019.01)

G06T 7/00 (2017.01)

G06T 7/11 (2017.01)

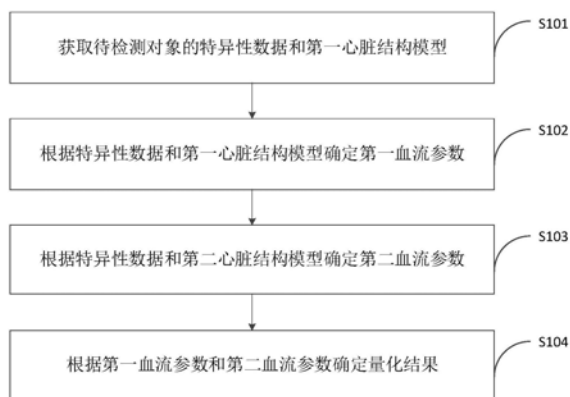
权利要求书2页 说明书12页 附图7页

(54) 发明名称

手术规划评估方法、计算机设备和存储介质

(57) 摘要

本申请涉及一种手术规划评估方法、计算机设备和存储介质。所述方法通过获取待检测对象的特异性数据和第一心脏结构模型,并根据特异性数据和第一心脏结构模型确定第一血流参数,以及根据特异性数据和第二心脏结构模型确定第二血流参数,再根据第一血流参数和第二血流参数确定量化结果。由于上述第一心脏结构模型为术前的模拟模型,第二心脏结构模型为术后桥接了虚拟桥血管结构的模拟模型,因此上述量化结果体现了对患者冠脉术前术后的模拟比对,基于模拟对比的结果即可确定术中桥血管的桥接方式或桥接走向等特性,可对虚拟的手术方案作出相应的合理的规划和评估,辅助医生临床决策。



1. 一种手术规划评估方法,其特征在于,所述方法包括:
  - 获取待检测对象的特异性数据和第一心脏结构模型;
  - 根据所述特异性数据和所述第一心脏结构模型确定第一血流参数;
  - 根据所述特异性数据和第二心脏结构模型确定第二血流参数;
  - 根据所述第一血流参数和所述第二血流参数确定量化结果。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述特异性数据和第二心脏结构模型确定第二血流参数之前,所述方法还包括:
  - 获取虚拟桥血管特性;
  - 将所述特异性数据、所述第一心脏结构模型和所述虚拟桥血管特性输入至预设的桥血管构建网络,得到所述虚拟桥血管结构模型;
  - 根据所述第一心脏结构模型和所述虚拟桥血管结构模型,构建得到所述第二心脏结构模型。
3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述预设的桥血管构建网络通过以下方法得到:
  - 获取样本数据;所述样本数据包括多个参考样本的特异性数据、多个参考样本的心脏结构的模型、多个参考样本的桥血管特性;
  - 将所述样本数据输入至初始桥血管构建网络进行训练,得到所述桥血管构建网络。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述特异性数据和第一心脏结构模型确定第一血流参数之前,所述方法还包括:
  - 获取所述待检测对象的医学图像数据;
  - 对所述医学图像数据中的心脏结构进行分割提取,得到所述第一心脏结构模型。
5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述特异性数据和第一心脏结构模型确定第一血流参数,包括:
  - 格栅化所述第一心脏结构模型;
  - 根据所述待检测对象的特异性数据,对格栅化后的第一心脏结构模型进行求解,得到所述第一血流参数。
6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述特异性数据和第二心脏结构模型确定第二血流参数,包括:
  - 格栅化所述第二心脏结构模型;
  - 根据所述待检测对象的特异性数据,对格栅化后的第二心脏结构模型进行求解,得到所述第二血流参数。
7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述第一血流参数和所述第二血流参数确定量化结果,包括:
  - 将所述第一血流参数的值和所述第二血流参数的值进行运算,得到所述量化结果。
8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:
  - 判断所述量化结果是否符合预设指标;
  - 若所述量化结果符合所述预设指标,则根据所述虚拟桥血管结构模型和所述虚拟桥血管特性进行当前手术的规划;
  - 若所述量化结果不符合所述预设指标,则:

调整所述虚拟桥血管特性,并基于调整后的虚拟桥血管特性获取新的虚拟桥血管结构模型;

基于所述新的虚拟桥血管结构模型,重新构建新的第二心脏结构模型;

将所述新的第二心脏结构的模型重新作为所述第二心脏结构的模型,返回执行所述根据所述特异性数据和第二心脏结构的模型,确定第二血流参数的步骤,重新确定新的量化结果,直到所述新的量化结果符合预设指标为止。

9. 一种计算机设备,包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求1至8中任一项所述方法的步骤。

10. 一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求1至8中任一项所述的方法的步骤。

## 手术规划评估方法、计算机设备和存储介质

### 技术领域

[0001] 本申请涉及医疗检测技术领域,特别是涉及一种手术规划评估方法、计算机设备和存储介质。

### 背景技术

[0002] 冠状动脉粥样硬化性心脏病是冠状动脉血管发生动脉粥样硬化病变而引起血管腔狭窄或阻塞,造成心肌缺血、缺氧或坏死而导致的心脏病,常常被称为“冠心病”。

[0003] 冠心病发病率高、致死率高。一般来说,冠状动脉管腔狭窄低于50%时,对血流的影响不大,使用药物治疗既可有的疗效。当狭窄达到75%时就会明显影响血流的通畅而产生心绞痛症状。此时就需要进行介入外科搭桥手术治疗。现阶段,对于多支冠状动脉的弥漫性狭窄,往往需要考虑冠脉搭桥手术,冠脉搭桥手术是场“大仗”,可以解决严重的冠脉病变。

[0004] 目前临床针对手术中搭建的桥血管的评估主要是在术中测量桥血管的实时流量去评估桥血管和吻合口是否通畅,术中手术方案的选取也更多地依赖医生的经验,并没有切实可行的手段在术前对手术方案做出评估。。

### 发明内容

[0005] 基于此,有必要针对上述技术问题,提供一种能够准确规划手术方案以及桥血管狭窄情况的手术规划评估方法、计算机设备和存储介质。

[0006] 第一方面,一种手术规划评估方法,所述方法包括:

[0007] 获取待检测对象的特异性数据和第一心脏结构模型;

[0008] 根据所述特异性数据和所述第一心脏结构模型,确定第一血流参数;

[0009] 根据所述特异性数据和第二心脏结构模型,确定第二血流参数;

[0010] 根据所述第一血流参数和所述第二血流参数,确定量化结果。

[0011] 在其中一个实施例中,所述根据所述特异性数据和第二心脏结构模型,确定第二血流参数之前,所述方法还包括:

[0012] 获取虚拟桥血管特性;

[0013] 将所述特异性数据、所述第一心脏结构模型和所述虚拟桥血管特性输入至预设的桥血管构建网络,得到所述虚拟桥血管结构模型;

[0014] 根据所述第一心脏结构模型和所述虚拟桥血管结构模型,构建得到所述第二心脏结构模型。

[0015] 在其中一个实施例中,所述预设的桥血管构建网络通过以下方法得到:

[0016] 获取样本数据;所述样本数据包括多个参考样本的特异性数据、多个参考样本的心脏结构的模型、多个参考样本的桥血管特性;

[0017] 将所述样本数据输入至初始桥血管构建网络进行训练,得到所述桥血管构建网络。

- [0018] 在其中一个实施例中,所述根据所述特异性数据和第一心脏结构模型,确定第一血流参数之前,所述方法还包括:
- [0019] 获取所述待检测对象的医学图像数据;
- [0020] 对所述医学图像数据中的心脏结构进行分割提取,得到所述第一心脏结构模型。
- [0021] 在其中一个实施例中,所述根据所述特异性数据和第一心脏结构模型,确定第一血流参数,包括:
- [0022] 格栅化所述第一心脏结构模型;
- [0023] 根据所述特异性数据,对格栅化后的第一心脏结构模型进行求解,得到所述第一血流参数。
- [0024] 在其中一个实施例中,所述根据所述特异性数据和第二心脏结构模型,确定第二血流参数,包括:
- [0025] 格栅化所述第二心脏结构模型;
- [0026] 根据所述待检测对象的特异性数据,对格栅化后的第二心脏结构模型进行求解,得到所述第二血流参数。
- [0027] 在其中一个实施例中,所述根据所述第一血流参数和所述第二血流参数,确定量化结果,包括:
- [0028] 将所述第一血流参数的值和所述第二血流参数的值进行运算,得到所述量化结果。
- [0029] 在其中一个实施例中,所述方法还包括:
- [0030] 判断所述量化结果是否符合预设指标;
- [0031] 若所述量化结果符合所述预设指标,则根据所述虚拟桥血管结构模型和所述虚拟桥血管特性进行当前手术的规划;
- [0032] 若所述量化结果不符合所述预设指标,则:
- [0033] 调整所述虚拟桥血管特性,并基于调整后的虚拟桥血管特性获取新的虚拟桥血管结构模型;
- [0034] 基于所述新的虚拟桥血管结构模型,重新构建新的第二心脏结构模型;
- [0035] 将所述新的第二心脏结构的模型重新作为所述第二心脏结构的模型,返回执行所述根据所述特异性数据和第二心脏结构的模型,确定第二血流参数的步骤,重新确定新的量化结果,直到所述新的量化结果符合预设指标为止。
- [0036] 第二方面,一种手术规划评估装置,所述装置包括:
- [0037] 第一获取模块,用于获取待检测对象的特异性数据和第一心脏结构模型;
- [0038] 第一确定模块,用于根据所述特异性数据和所述第一心脏结构模型,确定第一血流参数;
- [0039] 第二确定模块,用于根据所述特异性数据和第二心脏结构模型,确定第二血流参数;
- [0040] 第三确定模块,用于根据所述第一血流参数和所述第二血流参数,确定量化结果。
- [0041] 第三方面,一种计算机设备,包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现第一方面所述的手术规划评估方法。
- [0042] 第四方面,一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序被

处理器执行时实现第一方面所述的手术规划评估方法。

[0043] 上述手术规划评估方法、装置、计算机设备和存储介质,通过获取待检测对象的特异性数据和第一心脏结构模型,并根据特异性数据和第一心脏结构模型确定第一血流参数,以及根据特异性数据和第二心脏结构模型确定第二血流参数,再根据第一血流参数和第二血流参数确定量化结果。由于上述第一心脏结构模型为术前的模拟模型,第二心脏结构模型为桥接了虚拟桥血管结构的模拟模型,因此上述量化结果体现了对患者冠脉术前术后的模拟比对,基于模拟对比的结果即可确定术中桥血管的桥接方式或桥接走向等特性,可对虚拟的手术方案作出相应的合理的规划和评估,辅助医生临床决策。而且,上述方法可以得到准确的量化结果,因此通过上述方法得到的量化结果可以有效和准确的评估出患者在通过手术进行了心脏桥接手术后是否能够再引起桥血管再狭窄或桥血管痉挛等不良现象,进而参考术后情况为手术前的手术规划提供可靠的参考依据。另外,上述评估方法是通过模拟比对确定的,并不需要在手术中实时评估,所以属于无创评估。

### 附图说明

- [0044] 图1为一个实施例中计算机设备的内部结构图;
- [0045] 图2为一个实施例中手术规划评估方法的流程示意图;
- [0046] 图3为一个实施例中手术规划评估方法的流程示意图;
- [0047] 图4为一个实施例中训练血管构建网络的方法的流程示意图;
- [0048] 图5为一个实施例中构建第一心脏结构模型的方法的流程示意图;
- [0049] 图6为一个实施例中S102的一种实现方式的流程示意图;
- [0050] 图7为一个实施例中S103的一种实现方式的流程示意图;
- [0051] 图8为一个实施例中手术规划评估方法的流程示意图;
- [0052] 图9为一个实施例中手术规划评估方法的流程示意图;
- [0053] 图10为一个实施例中手术规划评估装置的流程示意图;
- [0054] 图11为一个实施例中手术规划评估装置的流程示意图;
- [0055] 图12为一个实施例中手术规划评估装置的流程示意图;
- [0056] 图13为一个实施例中手术规划评估装置的流程示意图;
- [0057] 图14为一个实施例中手术规划评估装置的流程示意图;
- [0058] 图15为一个实施例中手术规划评估装置的流程示意图;
- [0059] 图16为一个实施例中手术规划评估装置的流程示意图。

### 具体实施方式

[0060] 为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本申请进行进一步详细说明。应当理解,此处描述的具体实施例仅仅用以解释本申请,并不用于限定本申请。

[0061] 本申请提供的手术规划评估方法,可以应用于如图1所示的计算机设备中,该计算机设备可以是服务器,该计算机设备也可以是终端,其内部结构图可以如图1所示。该计算机设备包括通过系统总线连接的处理器、存储器、网络接口、显示屏和输入装置。其中,该计算机设备的处理器用于提供计算和控制能力。该计算机设备的存储器包括非易失性存储介

质、内存储器。该非易失性存储介质存储有操作系统和计算机程序。该内存储器为非易失性存储介质中的操作系统和计算机程序的运行提供环境。该计算机设备的网络接口用于与外部的终端通过网络连接通信。该计算机程序被处理器执行时以实现一种手术规划评估方法。该计算机设备的显示屏可以是液晶显示屏或者电子墨水显示屏,该计算机设备的输入装置可以是显示屏上覆盖的触摸层,也可以是计算机设备外壳上设置的按键、轨迹球或触控板,还可以是外接的键盘、触控板或鼠标等。

[0062] 本领域技术人员可以理解,图1中示出的结构,仅仅是与本申请方案相关的部分结构的框图,并不构成对本申请方案所应用于其上的计算机设备的限定,具体的计算机设备可以包括比图中所示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者具有不同的部件布置。

[0063] 在一个实施例中,如图2所示,提供了一种手术规划评估方法,以该方法应用于图1中的计算机设备为例进行说明,包括以下步骤:

[0064] S101,获取待检测对象的特异性数据和第一心脏结构模型。

[0065] 其中,待检测对象为患有心脏类疾病的患者,并需要进行桥血管搭桥手术的患者。第一心脏结构模型包括待检测对象的心脏结构的全部结构模型或部分结构模型,比如,第一心脏结构模型包含待检测对象的心脏腔室模型、心肌模型、冠脉模型及主动脉模型。待检测对象的特异性数据包括待检测对象的收缩压(舒张压)、心率、心排量、血液性质、年龄性别、身高体重、有无疾病、生活方式特性、主动脉几何形状特性、冠脉分支几何形状特性等中的至少一种特性数据。

[0066] 本实施例中,当临床手术针对要桥接的桥血管进行评估时,计算机设备可以先获取多个个体(患者)的特异性数据,具体的可以通过相关医疗仪器获取特异性数据,比如,使用血压测量仪测量患者的血压,也可以通过患者的就诊信息获取特异性数据,比如,患者的身高体重、生活方式特性、年龄性别等,还可以通过该患者的历史就诊记录获取特异性数据,比如,患者的主动脉几何形状特性,也可以通过其他方式获取特异性数据。相应的,计算机设备可以通过扫描患者心脏的方式,获取患者心脏的扫描数据,并采用相关模型构建算法,基于扫描数据构建第一心脏结构模型,该第一心脏结构模型中包含全部的心脏结构;可选的,该第一心脏结构模型中也可以只包括部分关键的心脏结构。

[0067] S102,根据特异性数据和第一心脏结构模型确定第一血流参数。

[0068] 其中,第一血流参数包括第一心脏结构模型上单个位点或多个位点对应的压力、血流流速、血流流量、壁面剪切力或其组合等。

[0069] 本实施例中,当计算机设备基于上述步骤获取到特异性数据和第一心脏结构模型时,可以进一步的采用机器学习算法基于特异性数据对第一心脏结构模型上的血流参数进行学习,得到第一心脏结构模型上各位点的第一血流参数;可选的,计算机设备也可以采用训练好的神经网络基于特异性数据对第一心脏结构模型上的血流参数进行识别,得到第一心脏结构模型上各位点的第一血流参数。

[0070] S103,根据特异性数据和第二心脏结构模型确定第二血流参数。

[0071] 其中,第二心脏结构模型包括待检测对象的虚拟桥血管结构及心脏结构的至少一部分的结构模型。第二血流参数包括第二心脏结构模型上单个位点或多个位点对应的压力、血流流速、血流流量、壁面剪切力或其组合等。

[0072] 本实施例中,当计算机设备基于上述步骤获取到特异性数据和第二心脏结构模型

时,可以进一步的采用机器学习算法基于特异性数据对第二心脏结构模型上的血流参数进行学习,得到第二心脏结构模型上各位点的第二血流参数;可选的,计算机设备也可以采用训练好的神经网络基于特异性数据对第二心脏结构模型上的血流参数进行识别,得到第二心脏结构模型上各位点的第二血流参数。

[0073] S104,根据第一血流参数和第二血流参数确定量化结果。

[0074] 其中,量化结果用于规划手术方案中的桥血管走向或桥接方式,以及用于评估手术中桥接的桥血管在手术后带来的效果,比如,手术中桥接的桥血管是否会在手术后再次引起桥血管狭窄或痉挛现象。本实施例中,当计算机设备获取到单支或多支病变冠脉的第一血流参数,比如,病变血管的FFR值(压力比值)、流量值、血管远端压力值,以及对应病变冠脉的第二血流参数,比如,病变血管的FFR值(压力比值)、流量值、血管远端压力值时,计算机设备可以将第一血流参数和第二血流参数的比值确定为量化结果,也可以将第一血流参数和第二血流参数的差值确定为量化结果,还可以将第一血流参数和第二血流参数进行差值百分比运算后,可以直接将差值百分比确定为量化结果,后期即可使用该确定的量化结果评估规划的手术方案对病变血管与患者远端供血情况的改善。需要说明的是,量化结果可以包括FFR值、流量值、血管远端压力值,或者FFR值的比值、流量值的比值、血管远端压力值的比值,或者FFR值的差值、流量值的差值、血管远端压力值的差值及对应差值百分比等。

[0075] 上述手术规划评估方法,通过获取待检测对象的特异性数据和第一心脏结构模型,并根据特异性数据和第一心脏结构模型确定第一血流参数,以及根据特异性数据和第二心脏结构模型确定第二血流参数,再根据第一血流参数和第二血流参数确定量化结果。由于上述第一心脏结构模型为术前的模拟模型,第二心脏结构模型为术后桥接了虚拟桥血管结构的模拟模型,因此上述量化结果体现了对患者冠脉术前术后的模拟比对,基于模拟对比的结果即可确定术中桥血管的桥接方式或桥接走向等特性,可对虚拟的手术方案作出相应的合理的规划和评估,辅助医生临床决策。而且,上述方法可以得到准确的量化结果,因此通过上述方法得到的量化结果可以有效和准确的评估出患者在通过手术进行了心脏桥接手术后是否能够再引起桥血管再狭窄或桥血管痉挛等不良现象,进而参考术后情况为手术前的手术规划提供可靠的参考依据。另外,上述评估方法是通过模拟比对确定的,并不需要在手术中实时评估,所以属于无创评估。

[0076] 可选的,计算机设备在执行上述S102的步骤之前,还需要构建第二心脏结构模型,因此,本申请还提供了一种构建第二心脏结构模型的方式,即,如图3所示,该方法包括:

[0077] S201,获取虚拟桥血管特性。

[0078] 其中,虚拟桥血管特性表示在对待检测对象做冠状动脉旁路移植术之前规划的桥血管特性,比如,虚拟桥血管特性包括桥血管与冠脉吻合位置、桥血管长度、桥血管管径、吻合口之间桥血管子段长度、桥血管与主动脉及各吻合口冠脉夹角等中的至少一个种。

[0079] 本实施例中,当需要对待检测对象做冠状动脉旁路移植术时,在手术前需要规划要搭建的桥血管的桥接方式,以便后期手术时按照手术规划的方案进行冠状动脉旁路移植手术。因此,计算机设备可以根据手术前规划的要搭建的桥血管的桥接方式获取虚拟桥血管特性;可选的,计算机设备也可以根据常规的桥血管的桥接方式获取虚拟桥血管特性。

[0080] S202,将特异性数据、第一心脏结构模型和虚拟桥血管特性输入至预设的桥血管



构建网络,得到虚拟桥血管结构模型。

[0081] 其中,虚拟桥血管结构模型为模拟出的术中要搭建的桥血管的结构模型。桥血管构建网络用于构建手术中要搭建的桥血管的结构模型,桥血管构建网络为已训练好的桥血管构建网络,比如,可以使用神经网络模型训练得到桥血管构建网络,也可以使用机器学习模型训练得到桥血管构建网络。

[0082] 本实施例中,当计算机设备获取到患者的特异性数据,第一心脏结构模型和虚拟桥血管特性时,可以进一步的将这些参数或数据输入至已训练好的桥血管构建网络中进行模型构建,构建出手术中要搭建的桥血管的结构模型,即得到虚拟桥血管结构模型。

[0083] S203,根据第一心脏结构模型和虚拟桥血管结构模型,构建得到第二心脏结构模型。

[0084] 其中,第二心脏结构模型为模拟的手术后心脏上桥接了虚拟桥血管结构后的结构模型,所以第二心脏结构模型包括模拟的待检测对象在手术后的桥血管及心脏结构的至少一部分的结构模型。

[0085] 本实施例中,当计算机设备获取到第一心脏结构模型和虚拟桥血管结构模型时,计算机设备可以将虚拟桥血管结构模型和第一心脏结构模型拼接在一起,得到第二心脏结构模型;可选的,计算机设备也可以采用模型构建算法,基于虚拟桥血管结构模型对应的模型数据和第一心脏结构模型对应的模型数据构建生成第二心脏结构模型。上述方法通过已训练好的桥血管构建网络实现了模拟手术后的心脏结构模型,为术后的桥血管评估提供了可靠的参考模型。

[0086] 上述桥血管构建网络为预先训练得到的,所以本申请提供了训练血管构建网络的方法,如图4所示,该训练方法包括:

[0087] S301,获取样本数据。

[0088] 其中,样本数据包括多个参考样本的特异性数据、多个参考样本的心脏结构的模型、多个参考样本的桥血管特性。

[0089] 当需要训练得到桥血管构建网络时,可以基于多个个体的相关数据获取多个个体的样本数据,其中可以从个体的病理信息数据库中获取多个个体的特异性数据,从个体的图像扫描数据库中获取多个个体的心脏结构图像,再由心脏结构图像得到心脏结构模型,以及从术前规划的方案中获取多个个体的桥血管特性。

[0090] S302,将样本数据输入至初始桥血管构建网络进行训练,得到桥血管构建网络。

[0091] 其中,初始桥血管构建网络可以具体为一种神经网络或一种机器学习网络。

[0092] 当计算机设备需要训练得到桥血管构建网络时,可以先根据神经网络或机器学习网络构建初始桥血管构建模型,再将样本数据输入至初始桥血管构建网络进行训练,得到训练好的桥血管构建网络,使训练好的桥血管构建模型可以基于心脏结构模型、特异性数据和桥血管特性模拟出可以桥接在心脏结构模型上的桥血管结构。需要说明的是,在训练过程中,可以根据设想的手术规划方案调整输入的桥血管特性,直到生成最终的桥血管构建网络。

[0093] 可选的,计算机设备在执行上述S102的步骤之前,还需要构建第一心脏结构模型,因此,本申请还提供了一种构建第一心脏结构模型的方式,即,如图5所示,该方法还包括:

[0094] S401,获取待检测对象的医学图像数据。

[0095] 本实施例中, 计算机设备可以连接扫描成像设备, 比如CT血管造影 (CT angiography, CTA)、磁共振血管成像 (MR angiography, MRA) 等成像设备, 并利用成像设备通过对待检测对象的心脏进行扫描得到包含心脏的医学图像数据。可选的, 计算机设备也可以从医学数据库中直接下载得到待检测对象的医学图像数据。

[0096] S402, 对医学图像数据中的心脏结构进行分割提取, 得到第一心脏结构模型。

[0097] 当计算机设备获取到待检测对象的医学图像数据时, 可以进一步的采用预设的深度学习算法对医学图像数据中的心脏结构进行分割提取, 得到第一心脏结构模型; 可选的, 计算机设备也可以采用训练好的分割网络对医学图像数据中的心脏结构进行分割提取, 得到第一心脏结构模型。

[0098] 可选的, 本申请还提供了一种上述S102的一种实现方式, 如图6所示, 上述S102“根据特异性数据和第一心脏结构模型确定第一血流参数”, 包括:

[0099] S501, 格栅化第一心脏结构模型。

[0100] 计算机设备在根据第一心脏结构模型计算第一血流参数时, 可以先对第一心脏结构模型进行网络划分, 即格栅化第一心脏结构模型, 比如, 对第一心脏结构模型中的冠脉模型和主动脉模型进行网格划分, 得到格栅化后的第一心脏结构模型, 以便之后基于格栅化后的结构模型进行流体力学计算。

[0101] S502, 根据待检测对象的特异性数据, 对格栅化后的第一心脏结构模型进行求解, 得到第一血流参数。

[0102] 当计算机设备按照上述步骤格栅化第一心脏结构模型后, 即可将待检测对象的特异性数据作为边界条件对格栅化后的第一心脏结构模型进行求解, 得到包括第一心脏结构模型上的所有位点的压力、血流流速、血流流量、壁面剪切力或其组合等的第一血流参数。例如, 在一种应用中, 计算机设备可以先根据待检测对象的第一心脏结构模型确定待检测对象的冠脉各出口几何信息, 进而确定出冠脉各出口阻抗, 然后将待检测对象的特异性数据和冠脉各出口阻抗作为边界条件, 采用计算流体力学方法, 对格栅化后的第一心脏结构模型进行求解, 计算得到第一血流参数。

[0103] 可选的, 本申请还提供了一种上述S103的一种实现方式, 如图7所示, 上述S103“根据特异性数据和第二心脏结构模型确定第二血流参数”, 包括:

[0104] S601, 格栅化第二心脏结构模型。

[0105] 计算机设备在根据第二心脏结构模型计算第二血流参数时, 可以先对第二心脏结构模型进行网络划分, 即格栅化第二心脏结构模型, 比如, 对第二心脏结构模型中的冠脉模型和主动脉模型进行网格划分, 得到格栅化后的第二心脏结构模型, 以便之后基于格栅化后的结构模型进行流体力学计算。

[0106] S602, 根据待检测对象的特异性数据, 对格栅化后的第二心脏结构模型进行求解, 得到第二血流参数。

[0107] 当计算机设备按照上述步骤格栅化第二心脏结构模型后, 即可将待检测对象的特异性数据作为边界条件对格栅化后的第二心脏结构模型进行求解, 得到包括第二心脏结构模型上的所有位点的压力、血流流速、血流流量、壁面剪切力或其组合等的第二血流参数。例如, 在一种应用中, 计算机设备可以先根据待检测对象的第二心脏结构模型确定待检测对象的冠脉各出口几何信息, 进而确定出冠脉各出口阻抗, 然后将待检测对象的特异性数

据和冠脉各出口阻抗作为边界条件,采用计算流体力学方法,对格栅化后的第二心脏结构模型进行求解,计算得到第二血流参数。

[0108] 可选的,本申请还提供了一种上述S104的一种实现方式,即上述S104“根据第一血流参数和第二血流参数确定量化结果”,具体实现步骤为:将第一血流参数的值和第二血流参数的值进行运算,得到量化结果。

[0109] 计算机设备对第一血流参数和第二血流参数进行运算后,可以直接将运算的结果确定为量化结果,以便之后规划手术或评估手术后的桥血管桥接效果使用。

[0110] 当计算机设备基于前述实施例所述的方法得到量化结果后,即可根据量化结果对手术进行手术方案规划,即对桥血管的桥接方式或桥血管的特性进行规划,也可以根据量化结果确定出手术效果,即在手术中桥接的桥血管在手术后是否再引起桥血管再狭窄、桥血管痉挛等不良现象的概率。

[0111] 基于此,本申请还提供了一种通过分析量化结果确定手术规划方案以及判断手术效果的方法,如图8所示,该方法包括:

[0112] S801,判断量化结果是否符合预设指标,若量化结果符合预设指标,则执行步骤S802,若量化结果不符合预设指标,则执行步骤S803-S805。

[0113] 其中,预设指标用于衡量手术中桥血管的桥接方式或桥血管特性是否合适,或衡量手术后是否引起桥血管再狭窄、桥血管痉挛等不良影响的标准参数。当量化结果符合预设指标时,说明手术中桥血管的桥接方式或桥血管特性是合理的(成功的),或者手术后引起桥血管再狭窄、桥血管痉挛等不良影响的概率较低;当量化结果不符合预设指标时,说明手术中桥血管的桥接方式或桥血管特性是不合理的(失败的),或者手术后引起桥血管再狭窄、桥血管痉挛等不良影响的概率极高。

[0114] 本实施例中,当计算机设备获取到量化结果后,即可将量化结果与预设指标进行比较,确定量化结果是否与预设指标一致,若一致,说明量化结果符合预设指标,若不一致,说明量化结果不符合预设指标;可选的,当计算机设备获取到量化结果时,也可确定量化结果是否落在预设指标对应的指标范围,若落在,说明量化结果符合预设指标,若未落在,说明量化结果不符合预设指标。

[0115] S802,根据虚拟桥血管结构模型和虚拟桥血管特性进行当前手术的规划。

[0116] 当计算机设备获取到的量化结果符合预设指标时,计算机设备即可根据该量化结果确定之前使用的虚拟桥血管结构模型是合理的,虚拟桥血管特性也是合理的,因此,可以基于上述获取到的虚拟桥血管结构模型和虚拟桥血管特性进行当前手术的规划,比如,将虚拟桥血管特性中的桥血管的走向确定为当前手术中桥血管的走向,或将虚拟桥血管特性中的桥血管的搭接位置确定为当前手术中桥血管的搭接位置,将虚拟桥血管结构模型的几何参数确定为当前手术中桥血管的几何参数。可选的,当计算机设备获取到的量化结果符合预设指标时,计算机设备也可以根据该量化结果估计出经过桥血管移植术后桥接的桥血管引起桥血管再狭窄、桥血管痉挛等不良影响的概率,以便医生可以根据该概率值对手术效果有一个预测认知,即可适当调整手术规划方案,提高医生进行手术的成功率。

[0117] S803,调整虚拟桥血管特性,并基于调整后的虚拟桥血管特性获取新的虚拟桥血管结构模型。

[0118] 本实施例涉及量化结果不符合预设指标的应用场景,在该场景下,说明当前规划

的手术方案中的桥血管的桥接方式或桥血管特性不合理或效果欠佳,需要重新调整手术的规划方案,以便得到合理的桥血管桥接方式或得到效果良好的桥血管特性或搭接方式,基于此,计算机设备可以调整虚拟桥血管特性,并基于调整后的虚拟桥血管特性获取新的虚拟桥血管结构模型,至于获取方式,可在重新调整虚拟桥血管特性后,参考前述S202的步骤获取新的虚拟桥血管结构模型。

[0119] S804,基于新的虚拟桥血管结构模型,重新构建新的第二心脏结构模型。

[0120] 当计算机设备获取到新的虚拟桥血管结构模型时,即可执行上述S203的步骤,基于新的虚拟桥血管结构模型重新构建新的第二心脏结构模型,以使新的第二心脏结构模型中包括新的虚拟桥血管结构,即实现了模拟手术后心脏上桥接了新的虚拟桥血管结构。

[0121] S805,将新的第二心脏结构的模型重新作为第二心脏结构的模型,返回执行上述S103的步骤,重新确定新的量化结果,直到新的量化结果符合预设指标为止。

[0122] 当计算机设备获取到新的第二心脏结构的模型时,即可按照前述S103的步骤,基于新的第二心脏结构的模型和待检测对象的特异性数据计算得到新的第二血流参数,再进一步的执行上述S104的步骤,根据新的第二血流参数和第一血流参数计算得到新的量化结果,若该新的量化结果符合预设指标,则结束规划评估,并将最终获取到的虚拟桥血管结构模型和虚拟桥血管特性作为手术中规划的桥血管的结构和特性,完成手术方案的规划;或者根据获取到的虚拟桥血管结构模型和虚拟桥血管特性进行手术规划。并且,还可以根据该量化结果确定经过手术后的桥血管再引起桥血管狭窄或桥血管痉挛等现象的概率,完成对手术后的评估;若该新的量化结果不符合预设指标,则继续进行规划评估,即返回S801的步骤,直到量化结果符合预设指标,即可以结束规划评估为止。

[0123] 综合上述所有实施例,本申请还提供了一种手术规划评估方法,如图9所示,该方法包括:

[0124] S901,获取待检测对象的医学图像数据。

[0125] S902,对医学图像数据中的心脏结构进行分割提取,得到第一心脏结构模型。

[0126] S903,获取待检测对象的特异性数据。

[0127] S904,获取样本数据。

[0128] S905,将样本数据输入至初始桥血管构建网络进行训练,得到桥血管构建网络。

[0129] S906,获取虚拟桥血管特性。

[0130] S907,将特异性数据、第一心脏结构模型和虚拟桥血管特性输入至预设的桥血管构建网络,得到虚拟桥血管结构模型。

[0131] S908,根据第一心脏结构模型和虚拟桥血管结构模型,构建得到第二心脏结构模型。

[0132] S909,格栅化第一心脏结构模型。

[0133] S910,根据待检测对象的特异性数据,对格栅化后的第一心脏结构模型进行求解,得到第一血流参数。

[0134] S911,格栅化第二心脏结构模型

[0135] S912,根据待检测对象的特异性数据,对格栅化后的第二心脏结构模型进行求解,得到第二血流参数。

[0136] S913,将第一血流参数的值和第二血流参数的值进行运算,得到量化结果。

[0137] S914,判断量化结果是否符合预设指标,若符合,则执行步骤S915,若不符合,则执行步骤S916-S918。

[0138] S915,根据所述虚拟桥血管结构模型和所述虚拟桥血管特性进行当前手术的规划。

[0139] S916,调整所述虚拟桥血管特性,并基于调整后的虚拟桥血管特性重新获取新的虚拟桥血管结构。

[0140] S917,基于新的虚拟桥血管结构,重新构建新的第二心脏结构模型。

[0141] S918,将新的第二心脏结构的模型重新作为第二心脏结构的模型,返回执行S912的步骤,重新确定新的量化结果,直到新的量化结果符合预设指标为止。

[0142] 上述各步骤在前述均有说明,详细内容请参见前述内容,此处不赘述。

[0143] 本申请提供的手术的规划评估方法,通过模拟患者术前的模拟模型,以及术后桥接了虚拟桥血管结构的模拟模型,得到量化结果,因此上述量化结果体现了对患者冠脉术前术后的模拟比对,基于模拟对比的结果即可确定术中桥血管的桥接方式或桥接走向等特性,可对虚拟的手术方案作出相应的合理的规划和评估,辅助医生临床决策。而且,上述方法可以得到准确的量化结果,因此通过上述方法得到的量化结果可以有效和准确的评估出患者在通过手术进行了心脏桥接手术后是否能够再引起桥血管再狭窄或桥血管痉挛等不良现象,进而参考术后情况为手术前的手术规划提供可靠的参考依据。另外,上述评估方法是通过模拟比对确定的,并不需要在手术中实时评估,所以属于无创评估。

[0144] 应该理解的是,虽然图2-9的流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示,但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明,这些步骤的执行并没有严格的顺序限制,这些步骤可以以其它的顺序执行。而且,图2-9中的至少一部分步骤可以包括多个步骤或者多个阶段,这些步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成,而是可以在不同的时刻执行,这些步骤或者阶段的执行顺序也不必然是依次进行,而是可以与其它步骤或者其它步骤中的步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

[0145] 在一个实施例中,如图10所示,提供了一种手术规划评估装置,包括:

[0146] 第一获取模块11,用于根据所述特异性数据和所述第一心脏结构模型,确定第一血流参数。

[0147] 第一确定模块12,用于根据所述特异性数据和所述第一心脏结构模型,确定第一血流参数。

[0148] 第二确定模块13,用于根据所述特异性数据和第二心脏结构模型,确定第二血流参数。

[0149] 第三确定模块14,用于根据所述第一血流参数和所述第二血流参数,确定量化结果。

[0150] 在一个实施例中,如图11所示,上述第二确定模块13之前,还包括:

[0151] 第二获取模块15,用于获取虚拟桥血管特性;

[0152] 第四确定模块16,用于将所述特异性数据、所述第一心脏结构模型和所述虚拟桥血管特性输入至预设的桥血管构建网络,得到所述虚拟桥血管结构模型;

[0153] 第一构建模块17,用于根据所述第一心脏结构模型和所述虚拟桥血管结构模型,构建得到所述第二心脏结构模型。

- [0154] 在一个实施例中,如图12所示,上述手术规划评估装置,还包括:
- [0155] 训练模块18,用于训练所述桥血管构建网络;
- [0156] 所述训练模块18,包括:
- [0157] 第一获取单元181,用于获取样本数据;所述样本数据包括多个参考样本的特异性数据、多个参考样本的心脏结构的模型、多个参考样本的桥血管特性;
- [0158] 训练单元182,用于将所述样本数据输入至初始桥血管构建网络进行训练,得到所述桥血管构建网络。
- [0159] 在一个实施例中,如图13所示,上述第二确定模块13之前,还包括:
- [0160] 第三获取模块19,用于获取所述待检测对象的医学图像数据;
- [0161] 分割提取模块20,用于对所述医学图像数据中的心脏结构进行分割提取,得到所述第一心脏结构模型。
- [0162] 在一个实施例中,如图14所示,上述第一确定模块12,包括:
- [0163] 第一格栅化单元121,用于格栅化所述第一心脏结构模型;
- [0164] 第一求解单元122,用于根据所述特异性数据,对格栅化后的第一心脏结构模型进行求解,得到所述第一血流参数。
- [0165] 在一个实施例中,如图15所示,上述第二确定模块13,包括:
- [0166] 第二格栅化单元131,用于格栅化所述第二心脏结构模型;
- [0167] 第二求解单元132,用于根据所述待检测对象的特异性数据,对格栅化后的第二心脏结构模型进行求解,得到所述第二血流参数。
- [0168] 在一个实施例中,上述第三确定模块14具体用于将所述第一血流参数的值和所述第二血流参数的值进行运算,得到所述量化结果。
- [0169] 在一个实施例中,上述手术规划评估装置,如图16所示,还包括:
- [0170] 判断模块15,用于判断所述评估值是否符合预设指标;
- [0171] 第一评估模块16,用于在所述量化结果符合所述预设指标的情况下,根据所述虚拟桥血管结构模型和所述虚拟桥血管特性进行当前手术的规划;
- [0172] 第二评估模块17,用于在所述量化结果不符合所述预设指标的情况下,调整所述虚拟桥血管特性,并基于调整后的虚拟桥血管特性重新获取新的虚拟桥血管结构模型,并基于所述新的虚拟桥血管结构模型,重新构建新的第二心脏结构模型,将所述新的第二心脏结构的模型重新作为所述第二心脏结构的模型,返回执行所述根据所述特异性数据和第二心脏结构的模型,确定第二血流参数的步骤,重新确定新的量化结果,直到所述新的量化结果符合预设指标为止。
- [0173] 关于手术规划评估装置的具体限定可以参见上文中对于手术规划评估方法的限定,在此不再赘述。上述手术规划评估装置中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于计算机设备中的处理器中,也可以以软件形式存储于计算机设备中的存储器中,以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。
- [0174] 在一个实施例中,提供了一种计算机设备,包括存储器和处理器,存储器中存储有计算机程序,该处理器执行计算机程序时实现以下步骤:
- [0175] 获取待检测对象的特异性数据和第一心脏结构模型;

[0176] 根据所述特异性数据和所述第一心脏结构模型确定第一血流参数；

[0177] 根据所述特异性数据和第二心脏结构模型确定第二血流参数；

[0178] 根据所述第一血流参数和所述第二血流参数确定量化结果。

[0179] 上述实施例提供一种计算机设备，其实现原理和技术效果与上述方法实施例类似，在此不再赘述。

[0180] 在一个实施例中，提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：

[0181] 获取待检测对象的特异性数据和第一心脏结构模型；

[0182] 根据所述特异性数据和所述第一心脏结构模型确定第一血流参数；

[0183] 根据所述特异性数据和第二心脏结构模型确定第二血流参数；

[0184] 根据所述第一血流参数和所述第二血流参数确定量化结果。

[0185] 上述实施例提供一种计算机可读存储介质，其实现原理和技术效果与上述方法实施例类似，在此不再赘述。

[0186] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程，是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读存储介质中，该计算机程序在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，本申请所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用，均可包括非易失性和易失性存储器中的至少一种。非易失性存储器可包括只读存储器 (Read-Only Memory, ROM)、磁带、软盘、闪存或光存储器等。易失性存储器可包括随机存取存储器 (Random Access Memory, RAM) 或外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限，RAM可以是多种形式，比如静态随机存取存储器 (Static Random Access Memory, SRAM) 或动态随机存取存储器 (Dynamic Random Access Memory, DRAM) 等。

[0187] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

[0188] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

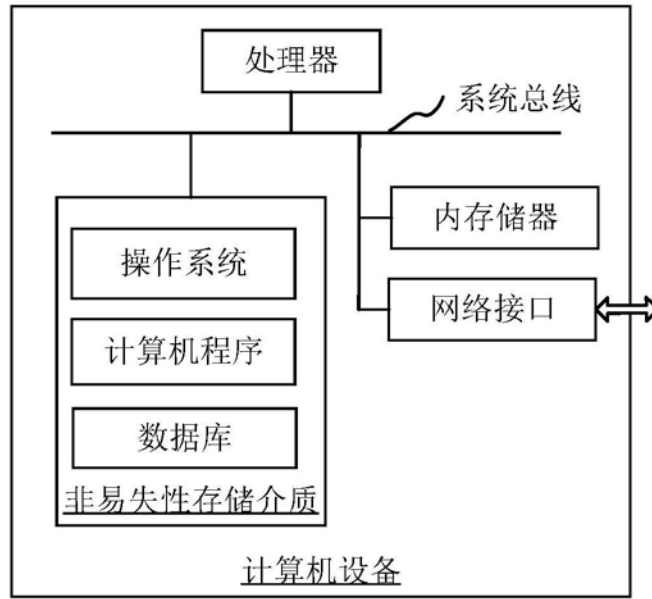


图1

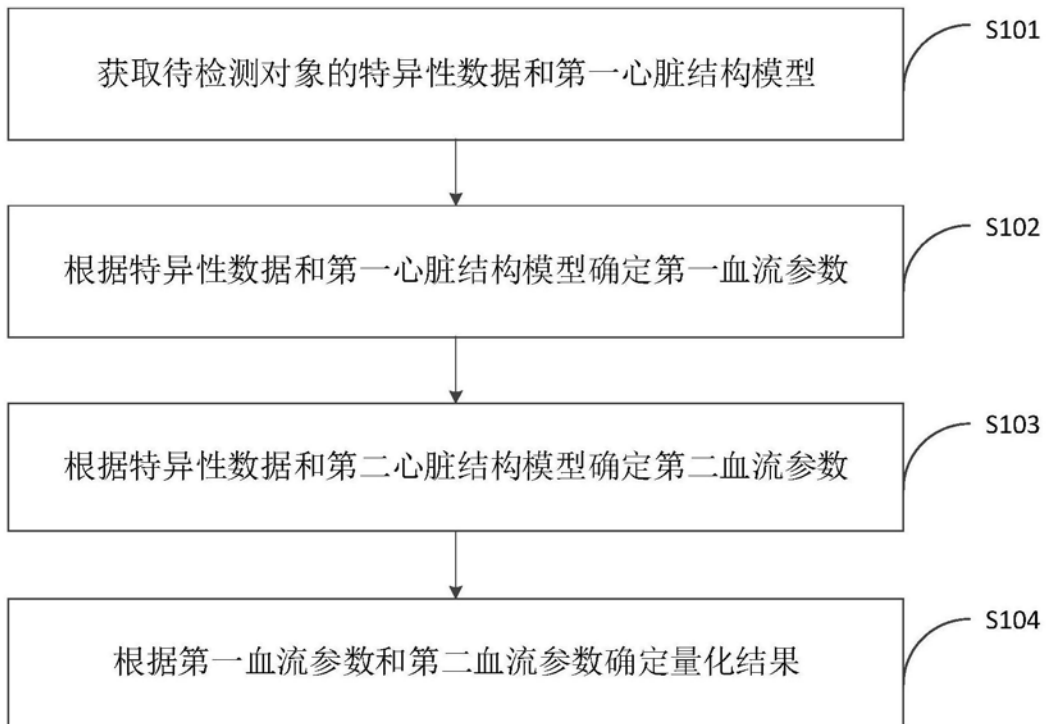


图2



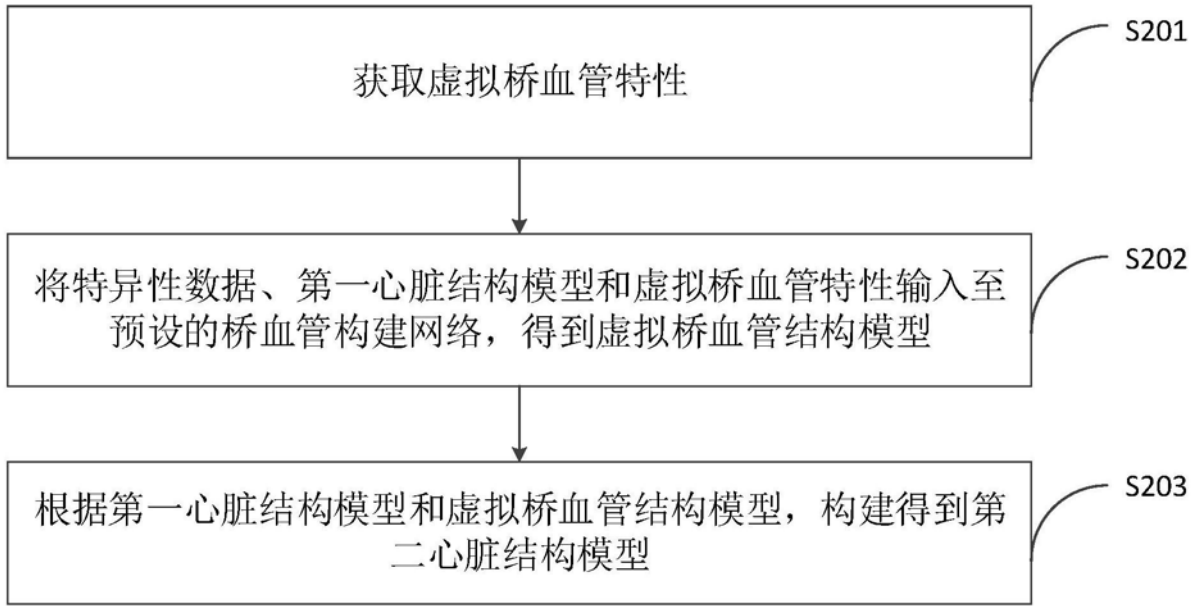


图3

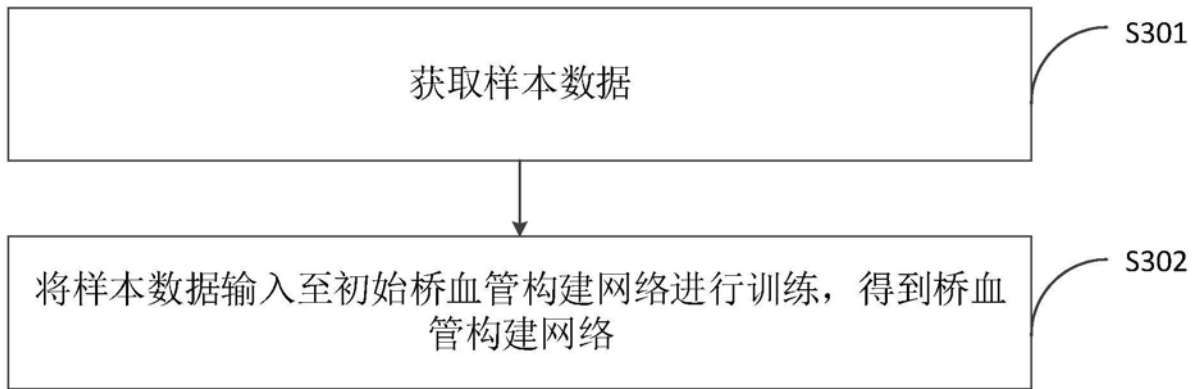


图4

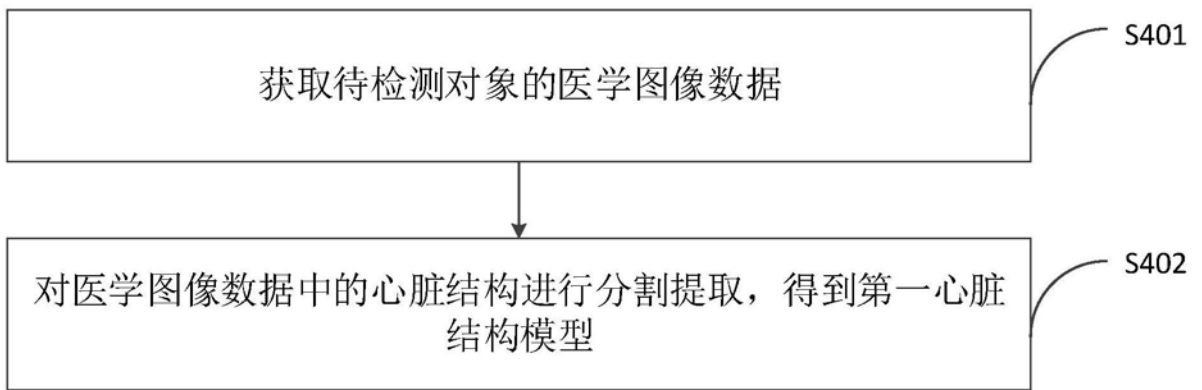


图5

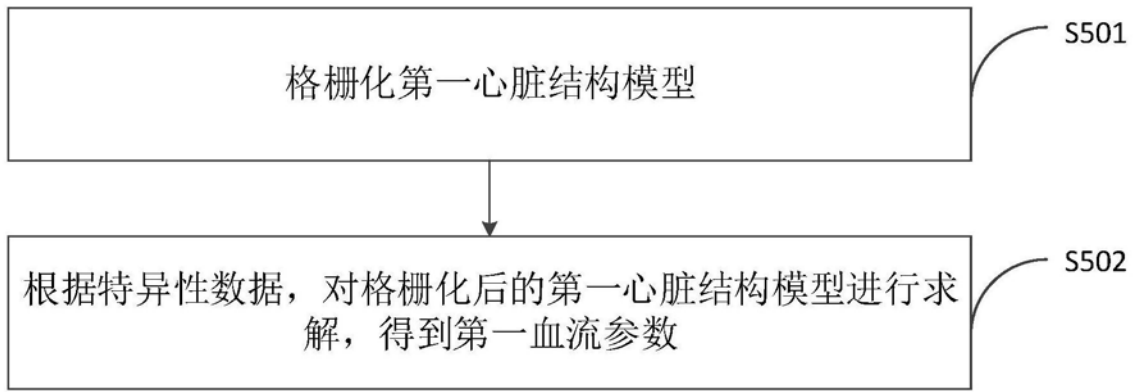


图6

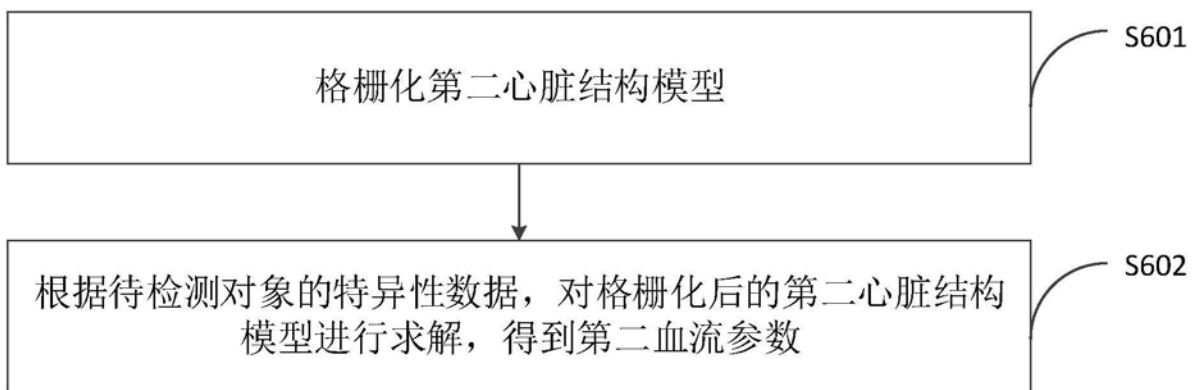


图7

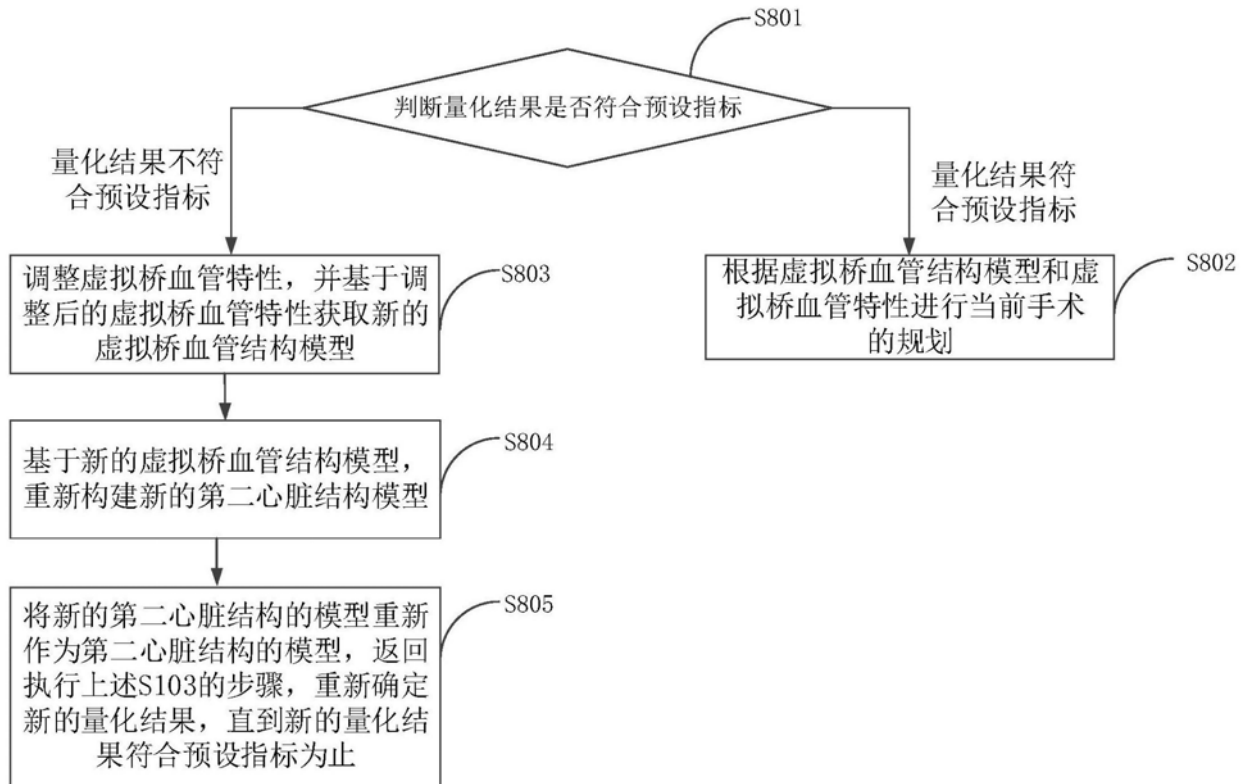


图8

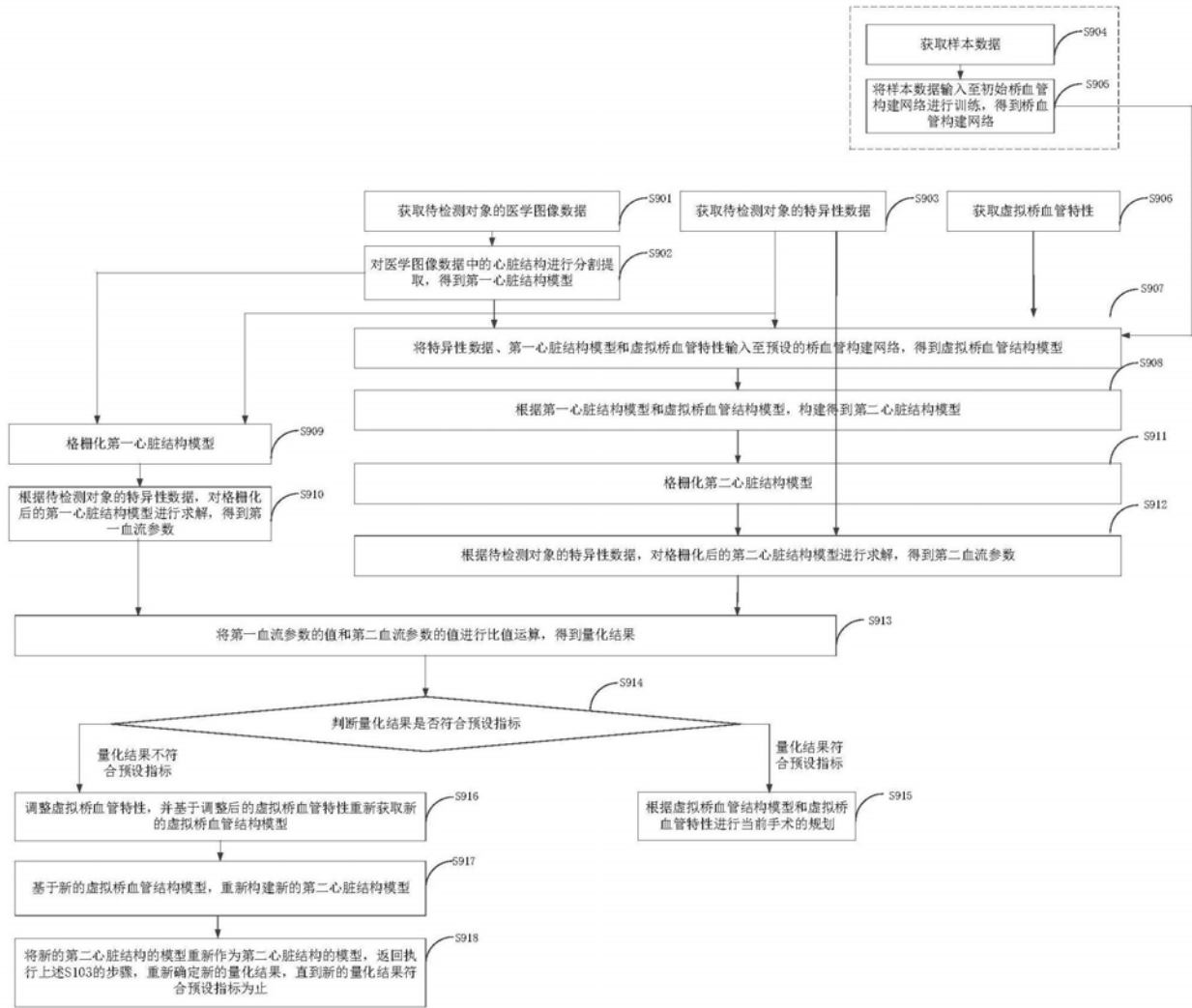


图9

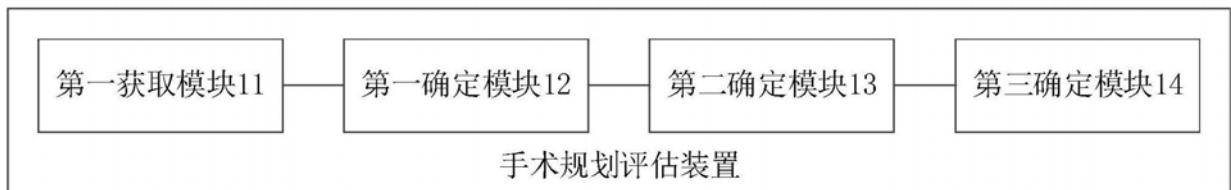


图10

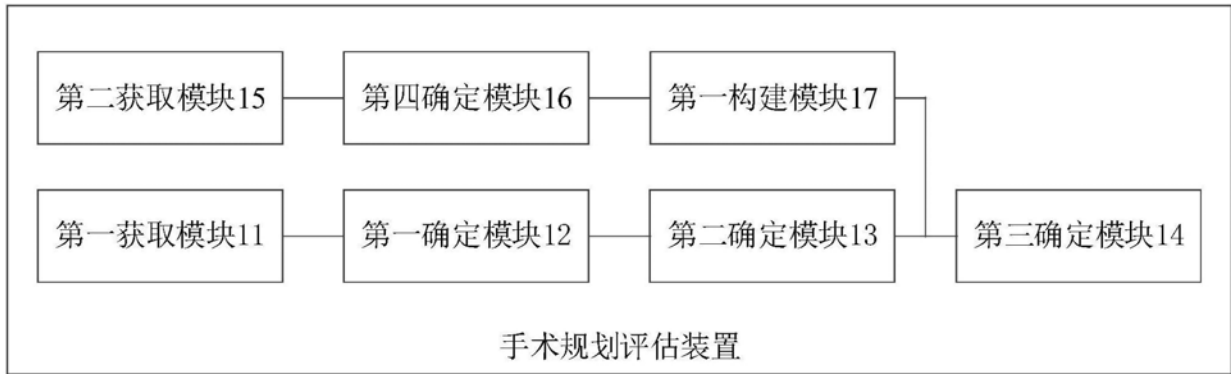


图11

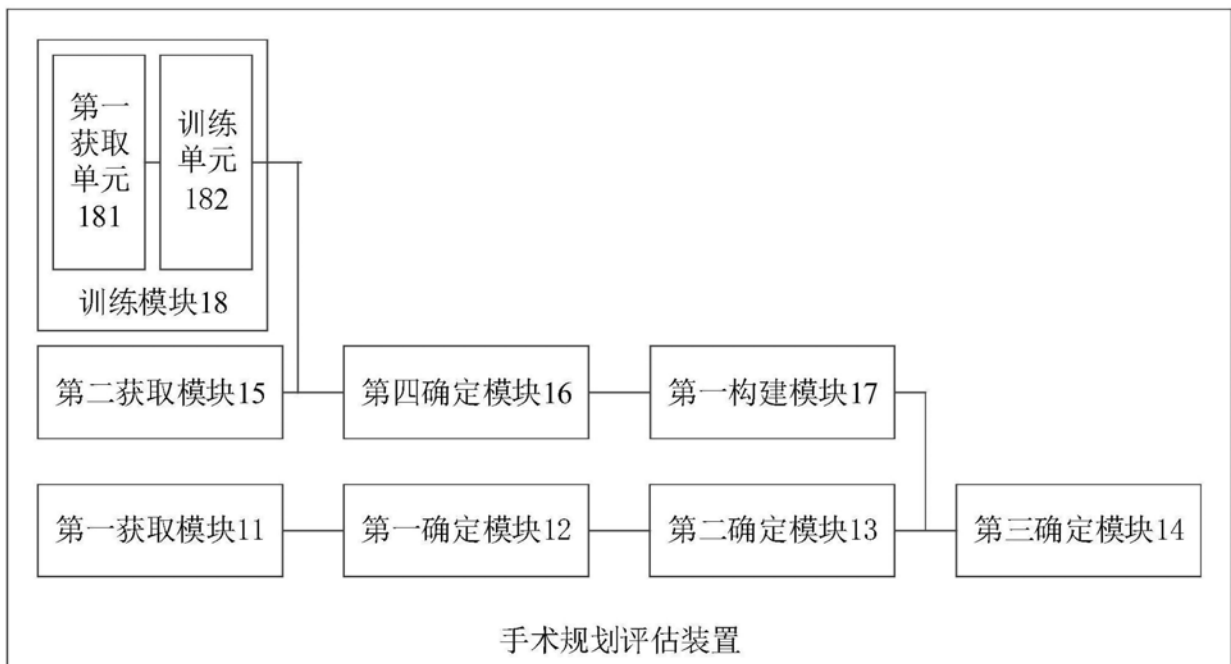


图12

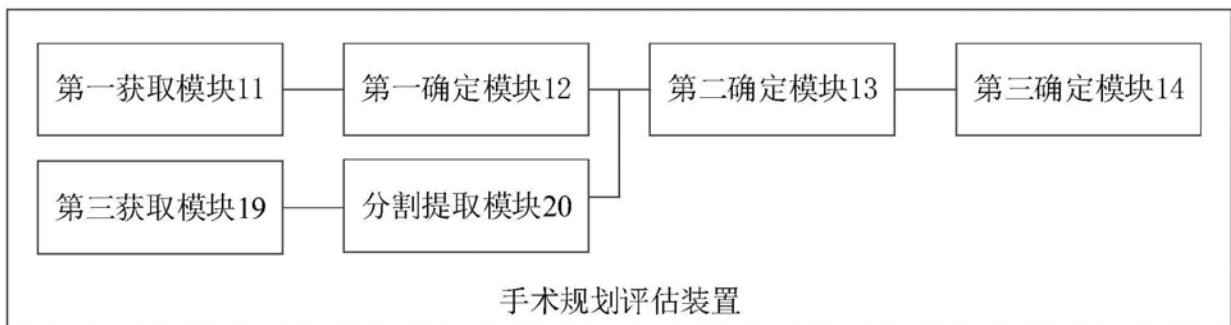


图13

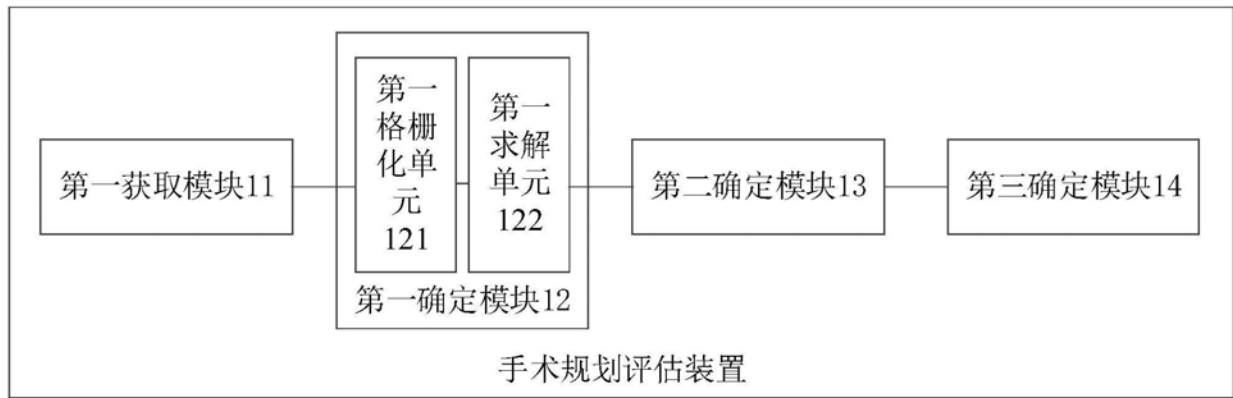


图14

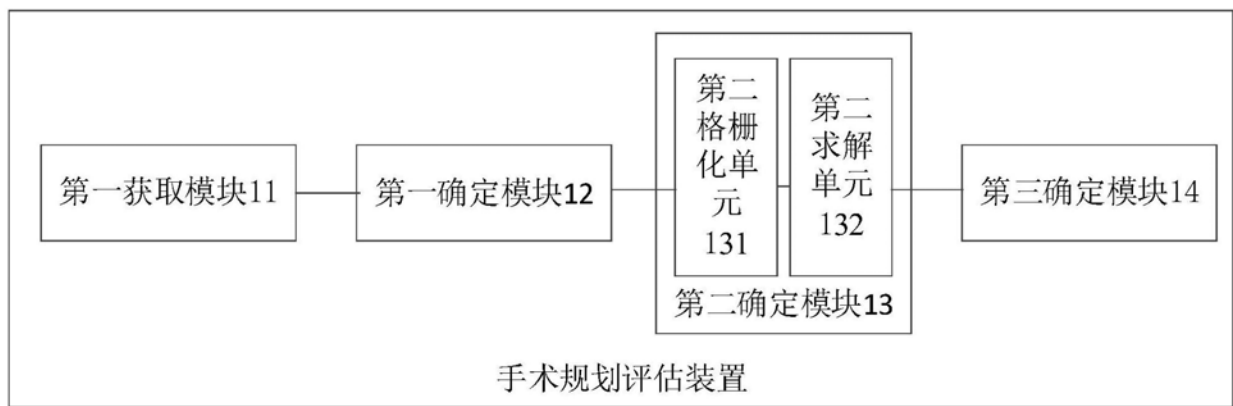


图15

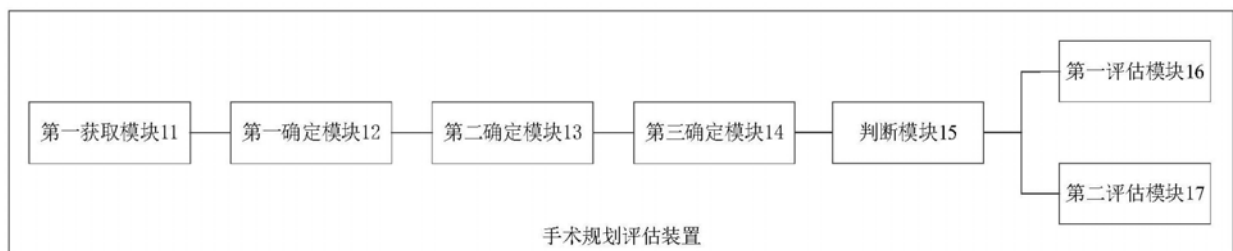


图16