

说明书摘要

本发明公开了一种合约制定方法及系统，通过构建基于多维实时数据的个性化死亡概率曲线，实现了从静态群体评估向动态个体风险量化的转变，并利用行为依从性监测机制将合约赔付额度与健康行为表现挂钩，解决了现有技术无法响应个体健康状态变化及缺乏行为激励的问题，同时结合区块链自动执行技术，确保了合约调整的实时性与透明度，从而形成了财务激励与健康管理深度融合的闭环体系，显著提升了风险定价的精准度并有效引导用户主动改善健康状况。

摘要附图

接收并标准化处理人口统计数据、生物标志物数据及可穿戴设备数据，形成统一时间轴上的特征集，基于所述特征集，构建个性化死亡概率曲线



根据所述个性化死亡概率曲线，生成包含早期疾病赔付条款与晚期生存支付条款的双边长寿合约初始版本，并计算初始保费



监测所述可穿戴设备数据以量化行为依从性，并基于所述行为依从性的变化趋势，动态调整所述双边长寿合约中的赔付金额与支付额度



将经动态调整后的双边长寿合约部署于授权区块链，响应于经认证的健康事件触发，通过所述授权区块链自动执行合约条款并生成不可篡改的审计记录

权利要求书

1. 一种合约制定方法，其特征在于，包括：

接收并标准化处理人口统计数据、生物标志物数据及可穿戴设备数据，形成统一时间轴上的特征集，基于所述特征集，构建个性化死亡概率曲线；

根据所述个性化死亡概率曲线，生成包含早期疾病赔付条款与晚期生存支付条款的双边长寿合约初始版本，并计算初始保费；

监测所述可穿戴设备数据以量化行为依从性，并基于所述行为依从性的变化趋势，动态调整所述双边长寿合约中的赔付金额与支付额度；

将经动态调整后的双边长寿合约部署于授权区块链，响应于经认证的健康事件触发，通过所述授权区块链自动执行合约条款并生成不可篡改的审计记录。

2. 根据权利要求 1 所述的一种合约制定方法，其特征在于，所述接收并标准化处理人口统计数据、生物标志物数据及可穿戴设备数据，形成统一时间轴上的特征集，包括：

对接收到的多源异构数据进行时间戳同步，利用线性插值法将非均匀采样的生物标志物数据映射至以天为标准的时间轴；

基于中位数绝对偏差对同步后的数据进行异常值剔除；

对剔除异常值后的数据执行最大最小归一化，使所有数值型变量处于无量纲区间 $[0, 1]$ ；

基于归一化后的数据，构建短期波动特征向量和长期趋势特征向量，形成最终的特征集。

3. 根据权利要求 1 所述的一种合约制定方法，其特征在于，所述基于所述特征集，所述构建个性化死亡概率曲线，包括：

构建风险函数，该风险函数由基准风险函数与协变量引起的风险倍数组成，其中协变量为特征集；

权利要求书

将个体的实时特征数据代入所述风险函数，逐日计算瞬时风险率；

对所述瞬时风险率序列进行数值积分，推导出累积生存概率，并以其补集作为死亡概率曲线；

采用 Bootstrap 重抽样方法，为所述死亡概率曲线估计置信区间。

4. 根据权利要求 1 所述的一种合约制定方法，其特征在于，所述根据所述个性化死亡概率曲线，生成包含早期疾病赔付条款与晚期生存支付条款的双边长寿合约初始版本，并计算初始保费，包括：

设定早期疾病赔付的触发条件为生物标志物超过健康阈值并持续预设时长，赔付金额与触发时刻的瞬时风险率相对于基准风险率的比值正相关；

设定晚期生存支付的启动年龄，并基于在该年龄的剩余期望寿命计算每期支付金额；

依据精算等价原理，计算使得保费期望现值等于所有预期赔付与支出期望现值之和的均衡初始保费；

将所述触发条件、支付金额、初始保费及有效期固化为合约初始状态。

5. 根据权利要求 1 所述的一种合约制定方法，其特征在于，所述监测所述可穿戴设备数据以量化行为依从性，并基于所述行为依从性的变化趋势，动态调整所述双边长寿合约中的赔付金额与支付额度，包括：

定义综合依从性得分，该综合依从性得分由运动活跃度指数、睡眠规律性评分及心率变异性稳定性加权计算得出；

对所述综合依从性得分进行滚动窗口分析，计算相邻窗口的平均依从性水平差分以识别行为趋势；

将所述行为趋势映射为动态调整系数，该动态调整系数位于预设的最大调整幅度区间内；

权利要求书

将所述动态调整系数作为乘数因子，应用于早期疾病赔付金额与晚期生存支付额度。

6. 根据权利要求 1 所述的一种合约制定方法，其特征在于，所述将经动态调整后的双边长寿合约部署于授权区块链，包括：

为签约个体分配唯一的链上身份标识，并与生物特征及人口统计数据绑定；
要求来自医疗机构和可穿戴设备的数据经多重签名验证后，将其哈希摘要写入区块链；

将所述双边长寿合约的全部逻辑编译为智能合约代码，并封装为有限状态机；

在所述智能合约中预置状态转移条件，用于响应所述早期疾病赔付的触发条件和晚期生存支付的启动条件。

7. 根据权利要求 4 所述的一种合约制定方法，其特征在于，所述响应于经认证的健康事件触发，通过所述授权区块链自动执行合约条款并生成不可篡改的审计记录，包括：

通过预言机节点监控链上经过认证的数据流；

当检测到的数据满足所述早期疾病赔付的触发条件时，调用赔付公式计算最终金额并自动划拨资金；

当个体存活至所述启动年龄且状态确认后，按预设频率自动执行晚期生存支付；

将每一次数据上链、状态切换及资金划转操作，记录为包含时间戳、操作类型、数据哈希及参与方签名的审计日志。

8. 根据权利要求 2 所述的一种合约制定方法，其特征在于，所述对剔除异常值后的数据执行最大最小归一化，使所有数值型变量处于无量纲区间 $[0, 1]$ 中，

权利要求书

生物标志物指标的参考极值取自历史参考人群或个体长期观测记录中的最小值和最大值。

9. 根据权利要求 7 所述的一种合约制定方法，其特征在于，所述通过预言机节点监控链上经过认证的数据流中，关键医疗数据需经过至少两个独立节点的交叉验证。

10. 一种用于实现如权利要求 1-9 任意一项所述方法的合约制定系统，其特征在于，包括：

数据预处理单元，用于接收并标准化处理人口统计数据、生物标志物数据及可穿戴设备数据，形成统一时间轴上的特征集；

精算引擎单元，用于基于所述特征集，构建个性化死亡概率曲线；

合约定价单元，用于根据所述个性化死亡概率曲线，生成包含早期疾病赔付条款与晚期生存支付条款的双边长寿合约初始版本，并计算初始保费；

行为监测单元，用于监测所述可穿戴设备数据以量化行为依从性，并基于所述行为依从性的变化趋势，动态调整所述双边长寿合约中的赔付金额与支付额度；

区块链部署单元，用于将经动态调整后的双边长寿合约部署于授权区块链；

自动执行单元，用于响应于经认证的健康事件触发，通过所述授权区块链自动执行合约条款并生成不可篡改的审计记录。

说明书

一种合约制定方法及系统

技术领域

本发明涉及合约制定技术领域，具体是涉及一种合约制定方法及系统。

背景技术

传统的人寿保险合约制定主要依赖静态的人口统计学数据和群体平均死亡率表进行风险评估。在现有技术方案中，保险公司通常根据投保人的年龄、性别及既往病史等固定信息，套用预设的生命表来确定保费和保额，一旦合约签署，其条款在有效期内即保持固定不变。

这种模式存在明显的局限性：一方面，它无法融合个体实时的生物标志物检测结果和可穿戴设备采集的高频行为数据（如心率、步数、睡眠质量等），导致对个体死亡风险的评估滞后且缺乏个性化，难以精准反映投保人当前的真实健康状况；另一方面，由于合约条款的僵化，无法根据投保人后续的健康管理行为变化动态调整权益，既缺乏引导用户改善健康行为的激励机制，也无法实现早期疾病风险与长寿风险的有效对冲，使得保险保障功能与预防性医疗脱节。

发明内容

本发明旨在提供一种合约制定方法及系统，实现了从静态群体评估向动态个体风险量化的转变，并利用行为依从性监测机制将合约赔付额度与健康行为表现挂钩。

为达到以上目的，本发明采用的技术方案为：一种合约制定方法，包括：

接收并标准化处理人口统计数据、生物标志物数据及可穿戴设备数据，形成统一时间轴上的特征集，基于所述特征集，构建个性化死亡概率曲线；

根据所述个性化死亡概率曲线，生成包含早期疾病赔付条款与晚期生存支付条款的双边长寿合约初始版本，并计算初始保费；

监测所述可穿戴设备数据以量化行为依从性，并基于所述行为依从性的变

说明书

化趋势，动态调整所述双边长寿合约中的赔付金额与支付额度；

将经动态调整后的双边长寿合约部署于授权区块链，响应于经认证的健康事件触发，通过所述授权区块链自动执行合约条款并生成不可篡改的审计记录。

优选的，所述接收并标准化处理人口统计数据、生物标志物数据及可穿戴设备数据，形成统一时间轴上的特征集，包括：

对接收到的多源异构数据进行时间戳同步，利用线性插值法将非均匀采样的生物标志物数据映射至以天为单位的标准时间轴；

基于中位数绝对偏差对同步后的数据进行异常值剔除；

对剔除异常值后的数据执行最大最小归一化，使所有数值型变量处于无量纲区间 $[0, 1]$ ；

基于归一化后的数据，构建短期波动特征向量和长期趋势特征向量，形成最终的特征集。

优选的，所述基于所述特征集，所述构建个性化死亡概率曲线，包括：

构建风险函数，该风险函数由基准风险函数与协变量引起的风险倍数组成，其中协变量为特征集；

将个体的实时特征数据代入所述风险函数，逐日计算瞬时风险率；

对所述瞬时风险率序列进行数值积分，推导出累积生存概率，并以其补集作为死亡概率曲线；

采用 Bootstrap 重抽样方法，为所述死亡概率曲线估计置信区间。

优选的，所述根据所述个性化死亡概率曲线，生成包含早期疾病赔付条款与晚期生存支付条款的双边长寿合约初始版本，并计算初始保费，包括：

设定早期疾病赔付的触发条件为生物标志物超过健康阈值并持续预设时长，赔付金额与触发时刻的瞬时风险率相对于基准风险率的比值正相关；

说明书

设定晚期生存支付的启动年龄，并基于在该年龄的剩余期望寿命计算每期支付金额；

依据精算等价原理，计算使得保费期望现值等于所有预期赔付与支出期望现值之和的均衡初始保费；

将所述触发条件、支付金额、初始保费及有效期固化为合约初始状态。

优选的，所述监测所述可穿戴设备数据以量化行为依从性，并基于所述行为依从性的变化趋势，动态调整所述双边长寿合约中的赔付金额与支付额度，包括：

定义综合依从性得分，该综合依从性得分由运动活跃度指数、睡眠规律性评分及心率变异性稳定性加权计算得出；

对所述综合依从性得分进行滚动窗口分析，计算相邻窗口的平均依从性水平差分以识别行为趋势；

将所述行为趋势映射为动态调整系数，该动态调整系数位于预设的最大调整幅度区间内；

将所述动态调整系数作为乘数因子，应用于早期疾病赔付金额与晚期生存支付额度。

优选的，所述将经动态调整后的双边长寿合约部署于授权区块链，包括：

为签约个体分配唯一的链上身份标识，并与生物特征及人口统计数据绑定；

要求来自医疗机构和可穿戴设备的数据经多重签名验证后，将其哈希摘要写入区块链；

将所述双边长寿合约的全部逻辑编译为智能合约代码，并封装为有限状态机；

在所述智能合约中预置状态转移条件，用于响应所述早期疾病赔付的触发

说明书

条件和晚期生存支付的启动条件。

优选的，所述响应于经认证的健康事件触发，通过所述授权区块链自动执行合约条款并生成不可篡改的审计记录，包括：

通过预言机节点监控链上经过认证的数据流；

当检测到的数据满足所述早期疾病赔付的触发条件时，调用赔付公式计算最终金额并自动划拨资金；

当个体存活至所述启动年龄且状态确认后，按预设频率自动执行晚期生存支付；

将每一次数据上链、状态切换及资金划转操作，记录为包含时间戳、操作类型、数据哈希及参与方签名的审计日志。

优选的，所述对剔除异常值后的数据执行最大最小归一化，使所有数值型变量处于无量纲区间 $[0, 1]$ 中，生物标志物指标的参考极值取自历史参考人群或个体长期观测记录中的最小值和最大值。

优选的，所述通过预言机节点监控链上经过认证的数据流中，关键医疗数据需经过至少两个独立节点的交叉验证。

另一方面，本发明提出一种合约制定系统，包括：

数据预处理单元，用于接收并标准化处理人口统计数据、生物标志物数据及可穿戴设备数据，形成统一时间轴上的特征集；

精算引擎单元，用于基于所述特征集，构建个性化死亡概率曲线；

合约定价单元，用于根据所述个性化死亡概率曲线，生成包含早期疾病赔付条款与晚期生存支付条款的双边长寿合约初始版本，并计算初始保费；

行为监测单元，用于监测所述可穿戴设备数据以量化行为依从性，并基于所述行为依从性的变化趋势，动态调整所述双边长寿合约中的赔付金额与支付

额度；

区块链部署单元，用于将经动态调整后的双边长寿合约部署于授权区块链；

自动执行单元，用于响应于经认证的健康事件触发，通过所述授权区块链自动执行合约条款并生成不可篡改的审计记录。

与现有技术相比，本发明的有益效果在于：

本发明通过构建基于多维实时数据的个性化死亡概率曲线，实现了从静态群体评估向动态个体风险量化的转变，并利用行为依从性监测机制将合约赔付额度与健康行为表现挂钩，解决了现有技术无法响应个体健康状态变化及缺乏行为激励的问题，同时结合区块链自动执行技术，确保了合约调整的实时性与透明度，从而形成了财务激励与健康管理深度融合的闭环体系，显著提升了风险定价的精准度并有效引导用户主动改善健康状况。

附图说明

图 1 为本发明合约制定方法的流程图；

图 2 为本发明合约制定系统的框。

具体实施方式

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的一部分实施例，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的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。

需要说明，若本发明实施例中有涉及方向性指示（诸如上、下、左、右、前、后……），则该方向性指示仅用于解释在某一特定姿态下各部件之间的相对位置关系、运动情况等，如果该特定姿态发生改变时，则该方向性指示也相应地随之改变。

说明书

另外，若本发明实施例中有涉及“第一”、“第二”等的描述，则该“第一”、“第二”等的描述仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示其相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。另外，若全文中出现的“和/或”或者“及/或”，其含义包括三个并列的方案，以“A和/或B”为例，包括A方案、或B方案、或A和B同时满足的方案。另外，各个实施例之间的技术方案可以相互结合，但是必须是以本领域普通技术人员能够实现为基础，当技术方案的结合出现相互矛盾或无法实现时应当认为这种技术方案的结合不存在，也不在本发明要求的保护范围之内。

请参阅图1，本发明提供一种技术方案：一种合约制定方法，包括：

接收并标准化处理人口统计数据、生物标志物数据及可穿戴设备数据，形成统一时间轴上的特征集，具体包括：对接收到的多源异构数据进行时间戳同步，利用线性插值法将非均匀采样的生物标志物数据映射至以天为单位的标准时间轴；基于中位数绝对偏差对同步后的数据进行异常值剔除；对剔除异常值后的数据执行最大最小归一化，使所有数值型变量处于无量纲区间 $[0, 1]$ ，生物标志物指标的参考极值取自历史参考人群或个体长期观测记录中的最小值和最大值；基于归一化后的数据，构建短期波动特征向量和长期趋势特征向量，形成最终的特征集。

通过时间戳同步与线性插值处理，有效解决了多源异构数据采样频率不一致导致的时间轴错位问题，利用中位数绝对偏差剔除异常值消除了传感器噪声或生理突变对风险评估的干扰，采用基于历史参考人群或个体长期观测记录的极值进行归一化，确保了不同量纲指标在统一尺度下的可比性，最终构建的短期波动与长期趋势特征向量能够全面捕捉个体健康状态的瞬时变化与演变规律，为后续精准构建个性化死亡概率曲线奠定了高质量的数据基础。

基于特征集，构建个性化死亡概率曲线；具体包括：构建风险函数，该风

说明书

险函数由基准风险函数与协变量引起的风险倍数组成，其中协变量为特征集；将个体的实时特征数据代入风险函数，逐日计算瞬时风险率；对瞬时风险率序列进行数值积分，推导出累积生存概率，并以其补集作为死亡概率曲线；采用 Bootstrap 重抽样方法，为死亡概率曲线估计置信区间。

通过构建由基准风险函数与协变量风险倍数组成的风险函数，能够精准量化个体实时特征数据对死亡风险的动态影响，利用逐日瞬时风险率的数值积分推导累积生存概率，实现了从静态群体统计向个性化连续时间风险演变的跨越，结合 Bootstrap 重抽样方法估计置信区间，不仅提供了风险预测的确定性边界，还有效提升了死亡概率曲线在应对个体健康波动时的稳健性与可靠性。

根据个性化死亡概率曲线，生成包含早期疾病赔付条款与晚期生存支付条款的双边长寿合约初始版本，并计算初始保费；具体包括：设定早期疾病赔付的触发条件为生物标志物超过健康阈值并持续预设时长，赔付金额与触发时刻的瞬时风险率相对于基准风险率的比值正相关；设定晚期生存支付的启动年龄，并基于在该年龄的剩余期望寿命计算每期支付金额；依据精算等价原理，计算使得保费期望现值等于所有预期赔付与支出期望现值之和的均衡初始保费；将触发条件、支付金额、初始保费及有效期固化为合约初始状态。

通过设定基于生物标志物持续超阈值的早期疾病赔付触发机制，实现了风险补偿与健康干预的即时联动，利用瞬时风险率比值动态确定赔付金额增强了保障的精准性，结合晚期生存支付条款与精算等价原理计算的均衡初始保费，有效平衡了早期疾病风险与长寿风险的对冲需求，在确保合约财务可持续性的同时，为投保人提供了覆盖全生命周期的个性化风险保障方案。

监测可穿戴设备数据以量化行为依从性，并基于行为依从性的变化趋势，动态调整双边长寿合约中的赔付金额与支付额度；具体包括：定义综合依从性得分，该综合依从性得分由运动活跃度指数、睡眠规律性评分及心率变异性稳定性加权计算得出；对综合依从性得分进行滚动窗口分析，计算相邻窗口的平均依从性水平差分以识别行为趋势；将行为趋势映射为动态调整系数，该动态调整系数位于预设的最大调整幅度区间内；将动态调整系数作为乘数因子，应

说明书

用于早期疾病赔付金额与晚期生存支付额度。

通过构建融合运动、睡眠及心率变异性的综合依从性得分，并采用滚动窗口差分分析识别行为趋势，能够实时量化投保人的健康管理执行情况，利用动态调整系数将健康行为的改善直接转化为赔付与支付额度的优化，不仅建立了有效的正向激励机制以引导用户主动提升健康水平，还实现了合约权益随个体努力程度动态演变的公平性与灵活性。

将经动态调整后的双边长寿合约部署于授权区块链，具体包括：为签约个体分配唯一的链上身份标识，并与生物特征及人口统计数据绑定；要求来自医疗机构和可穿戴设备的数据经多重签名验证后，将其哈希摘要写入区块链；将双边长寿合约的全部逻辑编译为智能合约代码，并封装为有限状态机；在智能合约中预置状态转移条件，用于响应早期疾病赔付的触发条件和晚期生存支付的启动条件。

通过将合约逻辑编译为有限状态机并部署于授权区块链，利用链上唯一身份标识与生物特征绑定确保了签约主体的不可抵赖性，多重签名验证机制保障了多源医疗及可穿戴数据的真实性与完整性，预置的状态转移条件实现了赔付触发与支付启动的自动化执行，在消除人为干预风险的同时，显著提升了合约执行的透明度、可追溯性与信任度。

响应于经认证的健康事件触发，通过授权区块链自动执行合约条款并生成不可篡改的审计记录，具体包括：通过预言机节点监控链上经过认证的数据流，关键医疗数据需经过至少两个独立节点的交叉验证；当检测到的数据满足早期疾病赔付的触发条件时，调用赔付公式计算最终金额并自动划拨资金；当个体存活至启动年龄且状态确认后，按预设频率自动执行晚期生存支付；将每一次数据上链、状态切换及资金划转操作，记录为包含时间戳、操作类型、数据哈希及参与方签名的审计日志。

通过预言机节点的多源交叉验证机制，确保了健康事件触发的数据真实可靠，实现了从条件检测到资金自动划拨的全流程无人值守执行，消除了传统合约中的人工干预延迟与道德风险，而包含完整时间戳、哈希及签名的不可篡改

说明书

审计日志，不仅为每一笔交易提供了确凿的法律效力凭证，还构建了全链路可追溯的信任闭环，显著提升了双边长寿合约在复杂金融场景下的执行效率与合规安全性。

另一方面，本发明提出一种合约制定系统，如图 2 所示，包括：

数据预处理单元，用于接收并标准化处理人口统计数据、生物标志物数据及可穿戴设备数据，形成统一时间轴上的特征集；

精算引擎单元，用于基于所述特征集，构建个性化死亡概率曲线；

合约定价单元，用于根据所述个性化死亡概率曲线，生成包含早期疾病赔付条款与晚期生存支付条款的双边长寿合约初始版本，并计算初始保费；

行为监测单元，用于监测所述可穿戴设备数据以量化行为依从性，并基于所述行为依从性的变化趋势，动态调整所述双边长寿合约中的赔付金额与支付额度；

区块链部署单元，用于将经动态调整后的双边长寿合约部署于授权区块链；

自动执行单元，用于响应于经认证的健康事件触发，通过所述授权区块链自动执行合约条款并生成不可篡改的审计记录。

此外，上述各单元在执行时还用于实现上述一种合约制定方法的其他步骤，如下：

一、多源异构数据采集与标准化预处理；

由于数据来源涉及不同机构、不同格式及不同采样频率，直接进行计算会导致量纲混乱与结果偏差。因此，首要任务是建立统一的数据接入规范，对来自人口统计数据库、生物医学实验室报告以及可穿戴监测终端的原始数据进行清洗、对齐与归一化处理。该过程并非简单的数据搬运，而是依据预设的物理量纲标准，将离散的时间序列数据转化为具有连续物理意义的数值流，为构建精确的风险评估曲线奠定基石，具体包括：

1.1、多源数据接入与时间戳同步；

首先，系统需建立统一的数据接入接口，分别接收来自人口统计部门的基础档案、医疗机构的生物标志物检测报告以及用户佩戴的可穿戴设备上传的行

为日志。人口统计数据包含个体的年龄、性别、家族病史编码等静态属性，通常以年为单位更新；生物标志物数据如血糖浓度、血脂水平、炎症因子指标等，由医院检验系统生成，采样时间间隔不固定，可能为数天或数月一次；可穿戴数据则包括心率变异性、每日步数、睡眠时长等高频时序信号，采样频率可达秒级或分钟级。为了将这些异质数据整合到同一分析框架内，必须解决时间轴不一致的问题。

系统采用线性插值法结合最近邻填充策略，将所有数据点映射到统一的标准时间轴上。设 t 为标准时间轴上的任意时刻，对于非均匀采样的生物标志物数据 $x_{bio}(t)$ ，若已知相邻两个采样点 (t_1, x_1) 和 (t_2, x_2) ，且 $t_1 < t < t_2$ ，则该时刻的估算值 $x_{bio}(t)$ 可通过下式计算：

$$x_{bio}(t) = x_1 + \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}(t - t_1);$$

其中， $x_{bio}(t)$ 表示在时刻 t 估算的生物标志物数值，其量纲取决于具体指标（如 mmol/L 或 mg/dL）； t_1 和 t_2 分别为前后两次有效采样的时间点，单位为天； x_1 和 x_2 为对应时间的实测值。对于高频可穿戴数据，由于其密度远高于其他数据源，系统采取分段平均策略，将每分钟或每秒的原始读数聚合为日度均值，记为 $\bar{w}_d$ ，其中 d 代表日期索引。通过上述时间同步操作，所有数据源均被转化为以“天”为最小时间单位的时间序列，消除了因采样频率差异导致的数据断层，确保了后续步骤中各变量在时间维度上的严格对应关系。

1.2、异常值剔除与噪声抑制；

在获得时间对齐后的数据流后，紧接着需要识别并剔除因设备故障、测量误差或极端生理波动产生的异常值。生物标志物数据常受实验误差影响，可能出现偏离正常生理范围过大的离群点；可穿戴数据则易受运动伪影干扰，产生非生理性的心率突变。系统引入基于统计分布的鲁棒性过滤算法，利用中位数绝对偏差（MAD）作为判定标准。对于某一时间段内的生物标志物序列 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ，首先计算其中位数 $\text{Med}(X)$ 和中位数绝对偏差

$MAD = median(|x_i - Med(X)|)$ 。设定阈值系数 k ，取值为 3.0，若某数据点 x_i 满足以下条件：

$$|x_i - Med(X)| > k \times 1.4826 \times MAD;$$

则该点被判定为异常值并进行剔除或标记。其中，常数 1.4826 用于将 MAD 转换为正态分布下的标准差估计值，以保证统计推断的一致性。对于可穿戴数据中的心率序列，除上述统计检验外，还引入生理约束条件。设 h_t 为时刻 t 的心率读数，人体静息心率下限 L_{min} 通常为 40 次/分，上限 L_{max} 为 200 次/分。若 $h_t < L_{min}$ 或 $h_t > L_{max}$ ，无论其统计显著性如何，均视为无效数据予以剔除。经过此轮清洗，原始数据集中的噪声成分被大幅降低，保留了反映个体真实生理状态的主体特征，为后续构建平滑的概率曲线提供了纯净的数据基础。

1.3、数据归一化与量纲统一；

经过清洗和同步的数据仍面临量纲不统一的问题。人口统计数据多为分类变量或整数，生物标志物涉及多种物理单位，可穿戴数据则涵盖计数、时长、频率等多种类型。为了在同一数学模型中进行加权运算，必须将所有数值型变量映射到统一的无量纲区间 $[0, 1]$ 。系统采用最大最小归一化方法，针对每一类指标单独进行处理。对于生物标志物指标 j ，其在时间 t 的观测值 $x_{j,t}$ ，其归一化后的值 $z_{j,t}$ 计算公式如下：

$$z_{j,t} = \frac{x_{j,t} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)};$$

其中， $\min(x_j)$ 和 $\max(x_j)$ 分别为该指标在历史参考人群或个体长期观测记录中的最小值和最大值。对于可穿戴数据中的步数指标，同样应用此公式，但参考极值取自同年龄段人群的统计分布百分位点，以避免个体极端活动导致的归一化失真。对于分类变量如性别，系统将其映射为二元指示变量，男性设为 1，女性设为 0。经过归一化处理，所有输入变量均处于同一数值尺度，消除了因量纲差异导致的权重失衡问题。

说明书

例如，原本数值较大的血压值（如 120）与数值较小的步数增量（如 500）不再存在数量级上的悬殊，使得后续模型能够公平地捕捉各维度的变化趋势。此外，归一化过程还隐含了对个体基线水平的修正，使得不同个体间的横向比较成为可能，为构建个性化的死亡概率曲线扫清了障碍。

1.4、特征工程与衍生变量构建；

在完成数据清洗、同步与归一化后，系统进入特征提取阶段，旨在从原始数据中挖掘出更能表征健康风险的高阶特征。单纯的原始数值往往难以直接反映复杂的生理衰退过程，需要通过组合运算生成衍生变量。系统定义了两个关键的特征向量：短期波动特征向量和长期趋势特征向量。短期波动特征用于捕捉近期健康状况的不稳定性，长期趋势特征则用于刻画慢性病的进展速度。以生物标志物为例，系统计算过去 30 天窗口内的滑动方差 V_{30} 和滑动斜率 S_{30} 。滑动方差反映了指标的波动幅度，计算公式为：

$$V_{30}(t) = \frac{1}{30} \sum_{i=0}^{29} (x_{t-i} - \bar{x}_{t-30})^2 ;$$

其中， $\bar{x}_{t-30}$ 为过去 30 天的算术平均值， x_{t-i} 为第 i 天前（相对当前时刻 t ）的观测值。该指标量纲为原指标的平方，但在后续建模中将通过标准化再次处理。滑动斜率则通过最小二乘法拟合过去 30 天的线性回归方程得到，表示指标随时间的变化速率。同时，系统结合可穿戴数据构建健康活跃度指数，该指数由日均步数、睡眠质量评分及心率变异性综合而成。设步数归一化值为 Z_{step} ，睡眠评分为 Z_{sleep} ，心率变异性为 Z_{hrv} ，则健康活跃度指数 H_{active} 定义为：

$$H_{active} = w_1 Z_{step} + w_2 Z_{sleep} + w_3 Z_{hrv} ;$$

其中， w_1, w_2, w_3 为预设的权重系数，满足 $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ ，具体数值依据流行病学研究确定。这些衍生变量不仅丰富了输入信息的维度，更重要的是将离散的观测点转化为具有明确病理生理学意义的风险信号。例如，生物标志物的滑动方差增大可能预示着病情控制不稳定，而健康活跃度指数的持续下

降则可能暗示体能衰退。

二、基于多维数据的个性化死亡概率曲线构建；

本步骤的核心任务是利用步骤一中生成的标准化特征集，构建能够准确反映个体未来生存状况的死亡概率曲线。不同于传统保险依赖群体平均死亡率表。系统采用半参数 Cox 比例风险模型的变体，结合深度学习的非线性拟合能力，将人口统计、生物标志及可穿戴数据融合进风险函数中。该过程不仅输出瞬时风险率，更通过积分运算推导出累积生存概率，形成一条连续的、随时间演进的死亡概率曲线。这条曲线是后续合同约定价与条款设计的根本依据，直接决定了早期赔付触发点与晚期生存支付的门槛，具体包括：

2.1、风险函数的构建与参数初始化；

首先，系统构建一个广义风险函数 $h(t|X)$ ，用于描述在给定协变量向量 X 的情况下，个体在时刻 t 发生死亡事件的瞬时风险率。协变量向量 X 包含步骤一中提取的所有特征，即 $X = \{Age, Gender, Bio_{trend}, Wearable_{index}, \dots\}$ 。考虑到生物标志物和可穿戴数据随时间变化的特性，风险函数被设计为时间依赖型。基本形式采用扩展的 Cox 模型：

$$h(t|X(t)) = h_0(t) \exp(\beta^T X(t));$$

其中， $h_0(t)$ 为基准风险函数，代表当所有协变量为零时的基础死亡率，通常假设为 Weibull 分布形式，即 $h_0(t) = \lambda p t^{p-1}$ 为尺度参数， p 为形状参数； λ 为待估回归系数向量， $X(t)$ 为随时间变化的协变量向量。该公式的含义在于，个体的风险率由基础死亡率与协变量引起的风险倍数两部分组成。 β 向量的每个分量代表了相应特征对死亡风险的贡献程度，例如，若某生物标志物的 β 值为正，意味着该指标升高会增加死亡风险。参数初始化阶段，系统利用历史大规模队列数据对 β 向量进行预训练，得到初始估计值 $\hat{\beta}_0$ 。对于基准风险函数 $h_0(t)$ ，则采用非参数估计方法，基于样本中观察到的死亡时间分布进行经验估计。这种混合建模方式既利用了参数模型的结构优势，又保留了非参数模型对

数据分布的适应性，确保了风险函数在不同年龄段和不同健康状态下的拟合精度。

2.2、个性化风险率的动态计算；

在获得初始风险函数后，系统开始为当前签约个体计算个性化的瞬时风险率。这一步骤的关键在于将个体的实时特征数据代入风险函数。设个体在时刻 t 的特征向量为 $X_i(t)$ ，则其瞬时风险率 $h_i(t)$ 计算如下：

$$h_i(t) = h_0(t) \exp(\hat{\beta}^T X_i(t));$$

由于 $X_i(t)$ 包含随时间变化的生物标志物和可穿戴数据，因此 $h_i(t)$ 是一个随时间波动的函数，而非固定常数。系统以天为单位，逐日迭代计算 $h_i(t)$ 的值。例如，若某日个体生物标志物显示炎症水平上升，导致 $X_i(t)$ 中对应分量增加，则 $\exp(\hat{\beta}^T X_i(t))$ 项随之增大，进而推高当日的瞬时风险率。反之，若可穿戴数据显示运动量增加且睡眠质量改善，相关特征值优化，风险率则会下降。这种动态计算机制使得风险曲线能够灵敏地响应个体健康状况的细微变化，实现了风险刻画的实时性与动态性。计算过程中，系统会维护一个滚动窗口，仅使用最近一段时间（如过去 90 天）的有效数据来更新 $X_i(t)$ ，以确保风险预测反映的是当前的健康状态，而非过期的历史情况。由此生成的瞬时风险率序列 $\{h_i(1), h_i(2), \dots, h_i(T)\}$ ，构成了死亡概率曲线的微分基础。

2.3、累积生存概率与死亡概率曲线的推导；

有了瞬时风险率序列，下一步是将其转化为直观的累积生存概率和死亡概率。根据生存分析理论，累积生存函数 $S(t)$ 表示个体存活超过时间 t 的概率，其与瞬时风险率的关系由下式给出：

$$S(t) = \exp \left(- \int_0^t h_i(u) du \right);$$

在实际计算中，积分项通过数值积分方法近似求解。系统采用梯形法则对离散化的瞬时风险率序列进行累加，设时间步长为 $\Delta t = 1$ 天，则积分项可近似

为：

$$\int_0^t h_i(u) du \approx \sum_{k=1}^t \frac{h_i(k) + h_i(k-1)}{2} \Delta t ;$$

将上述近似值代入生存函数公式，即可得到时刻 t 的累积生存概率 $S(t)$ 。
随后，死亡概率曲线 $F(t)$ 即为生存概率的补集：

$$F(t) = 1 - S(t) = 1 - \exp \left(- \sum_{k=1}^t \frac{h_i(k) + h_i(k-1)}{2} \right) ;$$

该公式清晰地展示了死亡概率随时间推移而单调递增的特性。通过计算 $F(t)$ 在 0 到 T_{max} （如 100 岁）范围内的所有取值，系统绘制出一条平滑的、个性化的死亡概率曲线。这条曲线不仅给出了未来某一年龄点的具体死亡概率，还描绘了风险随时间演变的整体轨迹。例如，对于年轻且健康的个体，曲线初期平缓，后期陡峭；而对于患有慢性病的老年个体，曲线可能在早期就呈现较高斜率。

2.4、风险分层的置信区间估计；

为了确保合约制定的稳健性，系统还需对死亡概率曲线进行不确定性量化，即计算置信区间。由于个体特征数据的测量误差及模型参数的估计误差，单一的概率曲线可能存在偏差。系统采用 Bootstrap 重抽样方法，对历史训练数据进行多次有放回抽样，重新估计回归系数 β 和基准风险函数 $h_0(t)$ ，每次重抽样得到一条新的死亡概率曲线。重复此过程 N 次（如 $N=1000$ ），得到 N 条死亡概率曲线集合。对于任意时刻 t ，将这 N 条曲线在该时刻的死亡概率值从小到大排序，取第 2.5 百分位和第 97.5 百分位的值，分别作为置信区间的下限 $F_{lower}(t)$ 和上限 $F_{upper}(t)$ 。置信区间的宽度反映了预测的不确定性程度，通常在数据稀疏或波动剧烈的区域较宽。最终输出的死亡概率曲线不仅包含点估计值 $F(t)$ ，还附带上下限边界，形成一个带状的概率分布带。这一过程增强了系统的抗风险能力，使得后续合约条款的设计能够覆盖一定程度的预测误差，避免因过度乐

观或悲观的估计而导致财务失衡。

三、双边长寿合约初始条款生成与定价计算；

本步骤旨在将步骤二中构建的死亡概率曲线转化为具体的法律合约条款，并计算出初始的财务对价。合约的核心创新在于双边结构：一方面，针对早期疾病风险，设置提前赔付条款，即在确诊特定重大疾病时提前给付部分保额，以缓解患者经济压力；另一方面，针对长寿风险，设置生存支付条款，即若个体活过预期寿命，则继续获得定期支付，以对冲长寿带来的财务枯竭风险。这种设计将传统的死亡给付转变为全生命周期风险管理。定价过程需遵循精算等价原则，确保期望赔付现值等于期望保费收入现值，同时结合步骤一的特征数据，实现差异化定价，具体包括：

3.1、早期疾病赔付触发条件与金额设定；

首先，系统根据死亡概率曲线 $F(t)$ 的形态及生物标志物阈值，界定“早期疾病”的触发条件。不同于传统保险仅依赖 ICD 编码诊断，本实施例引入生物标志物临界值作为辅助触发条件。设关键生物标志物为 B ，其健康阈值为 B_{thresh} 。当检测到 $B > B_{thresh}$ 且持续时间超过 T_{dur} 天时，系统判定为早期疾病触发事件。此时，赔付金额 P_{early} 并非全额保额，而是根据死亡概率曲线的即时风险提升程度进行动态调整。具体而言，赔付金额与触发时刻的瞬时风险率 $h_i(t_{trigger})$ 相对于基准风险率 $h_0(t_{trigger})$ 的比值挂钩：

$$P_{early} = A \times \frac{h_i(t_{trigger})}{h_0(t_{trigger})} \times \delta ;$$

其中， A 为合约约定的基础保额， δ 为调整系数，取值范围在 0 到 1 之间，用于控制赔付力度。该公式的逻辑在于，风险率越高，说明个体健康状况越危急，提前赔付的比例应适当提高，以体现风险共担原则。同时，系统设定赔付上限不超过基础保额的 80%，以防止道德风险。触发条件的量化标准直接源自步骤二的风险函数输出，确保了赔付决策的科学性。一旦触发条件满足，合约即

说明书

刻生成赔付指令，该指令将被锁定在区块链智能合约中，等待后续验证与执行。这一机制将医疗干预与财务支持紧密结合，鼓励个体在疾病早期接受治疗，从而改善预后，降低长期赔付成本。

3.2、晚期生存支付条款与期限规划；

针对长寿风险，合约设计了晚期生存支付条款。该条款规定，若个体存活至预定年龄 $T_{survival}$ （通常为预期寿命以上，如85岁），则启动终身年金支付模式。支付金额 P_{late} 的计算需综合考虑剩余生命及资金的时间价值。系统利用步骤二计算的累积生存概率 $S(t)$ 来确定支付期限。设 $E[T_{rem}]$ 为在时刻 $T_{survival}$ 的剩余期望寿命，其计算公式为：

$$E[T_{rem}] = \int_{T_{survival}}^{\infty} \frac{S(t)}{S(T_{survival})} dt ;$$

基于此期望寿命，系统采用等额本息年金支付方式，每期支付金额 P_{late} 由基础储备金 R 除以年金现值系数 $A_{annuity}$ 决定：

$$P_{late} = R \times \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}} ;$$

其中， i 为折现率， n 为预计支付期数，即 $E[T_{rem}]$ 对应的周期数。这里的 R 来源于保费积累及投资收益，而 n 则直接依赖于步骤二推导出的生存概率曲线。若个体实际生存时间超过 n ，支付将持续进行，直至身故；若早于 n ，则停止支付。这种设计确保了长寿者不会因寿命延长而陷入贫困，同时也避免了过度支付造成的资金浪费。

3.3、保费精算定价与现金流平衡；

在确定了赔付与支付条款后，下一步是计算投保人需缴纳的初始保费 $Premium$ 。定价过程遵循精算等价原理，即保费的期望现值等于所有预期赔付与支出的期望现值之和。设投保年龄为 age_0 ，合约期限为 T_{max} ，折现率为 r 。总期望支出 $E[Cost]$ 由早期赔付期望值 $E[P_{early}]$ 和晚期生存支付期望值 $E[P_{late}]$

说明书

组成。早期赔付期望值需对可能的触发时间 t 进行积分，权重为触发概率密度 $f_{trigger}(t)$ ；晚期支付期望值则基于生存概率 $S(t)$ 进行贴现求和。整体平衡方程如下：

$$Premium = E[P_{early}] \times e^{-r \cdot t_{avg_early}} + \sum_{t=T_{survival}}^{T_{max}} P_{late}(t) \times S(t) \times e^{-r \cdot t} ;$$

其中， t_{avg_early} 为早期赔付的平均发生时间， $P_{late}(t)$ 为时刻 t 的支付金额（若未达 $T_{survival}$ 则为 0）。该公式涵盖了整个合约周期的现金流折现，确保了财务上的中性平衡。系统通过数值积分与求和，计算出唯一的均衡保费 Premium。由于死亡概率曲线 $F(t)$ 是个性化的，不同个体的 Premium 将存在显著差异。高风险个体（曲线陡峭）需缴纳更高保费以覆盖潜在的早期赔付，低风险个体（曲线平缓）则享受较低保费及更高的生存支付潜力。

3.4、合约条款固化与初始状态生成；

将上述计算结果固化为不可篡改的合约文本。系统将生成的赔付触发规则、支付金额公式、保费数额及有效期等关键要素，封装为智能合约代码片段。虽然不展示具体代码，但其逻辑结构已被明确定义。合约中包含一个初始状态变量 $State_0$ ，记录了签约时刻的死亡概率曲线参数、基准保费及双方权利义务。该状态变量作为后续所有动态调整的锚点。一旦合约部署，任何试图修改初始条款的行为都将被系统拒绝。同时，系统生成一份数字摘要，存储于授权区块链节点，作为法律效力凭证。

本步骤成功将抽象的死亡概率曲线转化为具象的金融合约条款，实现了从风险量化到财务安排的跨越。通过设定早期赔付与晚期生存支付的双边结构，合约兼顾了疾病风险与长寿风险，体现了全生命周期管理的理念。精算定价公式确保了财务的可持续性，而条款固化则保障了执行的严肃性。

四、基于行为依从性的动态条款调整机制；

本步骤旨在将步骤三中生成的静态合约转化为具备自我进化能力的动态合

说明书

约体系。传统保险合同一旦签署，其条款在有效期内通常保持固定，无法响应投保人实际健康行为的改变。本实施例利用步骤一中采集的高频可穿戴数据及步骤二中构建的风险曲线基准，建立一套严密的行为依从性监测与评估逻辑。该逻辑不依赖主观判断，而是通过量化指标直接计算行为修正系数，进而对步骤三确定的赔付金额与生存支付额度进行实时或定期调整。这种调整并非简单的奖励或惩罚，而是基于风险共担原则的再平衡：当个体展现出优异的健康管理行为时，系统自动降低其死亡风险预期，从而提升晚期生存支付的额度或降低早期赔付的触发门槛；反之，若行为恶化导致风险上升，则相应调整财务承诺以维持精算平衡，具体包括：

4.1、行为依从性指标的量化定义；

首先，系统需从步骤一产生的高频可穿戴数据流中提取能够表征健康行为依从性的核心指标。这些指标必须具有明确的生理意义且易于量化。系统选取三个关键维度：运动活跃度指数、睡眠规律性及心率变异性稳定性。设第 d 日的运动活跃度为 A_d ，睡眠规律性评分为 S_d ，心率变异性标准差为 HRV_d 。依据步骤三的初始设定，系统定义一个综合依从性得分 I_d ，计算公式如下：

$$I_d = \alpha_1 \frac{A_d}{A_{target}} + \alpha_2 \frac{S_d}{S_{target}} + \alpha_3 \left(1 - \frac{|HRV_d - HRV_{baseline}|}{HRV_{baseline}} \right) ;$$

其中， A_{target} 、 S_{target} 和 $HRV_{baseline}$ 分别为针对该个体设定的目标运动量、目标睡眠评分及基线心率变异性值，这些数值源自步骤二构建的个性化健康模型； $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 为归一化权重系数，满足 $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ 。该公式的物理含义在于：第一项衡量运动达标程度，第二项衡量睡眠质量，第三项衡量自主神经系统调节能力（心率变异性越高代表压力越小，越接近括号内最大值 1）。若某日各项指标均优于目标值，则 I_d 趋近于 1 甚至大于 1；若指标严重偏离，则 I_d 显著小于 1。这一每日得分序列构成了后续调整机制的直接输入源，将抽象的健康行为转化为可计算的数值流。

4.2、依从性趋势的滚动窗口分析；

说明书

单日的依从性得分容易受偶然因素影响，如某天因特殊事件导致运动过量或睡眠不足。为了捕捉真实的行为趋势，系统引入长度为 W 天的滚动窗口（例如 $W=30$ 天）对每日得分 I_d 进行平滑处理。设窗口内第 k 天的得分为 I_{d-k} ，则窗口内的平均依从性水平 $\bar{I}_d$ 计算如下：

$$\bar{I}_d = \frac{1}{W} \sum_{k=0}^{W-1} I_{d-k};$$

进一步，为了识别行为的改善或恶化趋势，系统计算相邻两个窗口的差分 $\Delta \bar{I}$ ：

$$\Delta \bar{I}_d = \bar{I}_d - \bar{I}_{d-W};$$

该差分值的正负直接反映了行为趋势的方向。若 $\Delta \bar{I}_d > 0$ ，表明过去 W 天内个体的健康管理行为呈现持续改善态势，意味着其实际死亡风险可能低于步骤二预测的基准风险；若 $\Delta \bar{I}_d < 0$ ，则表明行为恶化，实际风险可能上升。系统设定阈值区间 $[\theta_{low}, \theta_{high}]$ ，仅当 $|\Delta \bar{I}_d|$ 超过特定阈值时才触发条款调整，以避免因短期波动导致的频繁变动。这一滚动分析机制确保了调整决策建立在长期稳定的行为模式之上，而非单日偶发事件，从而维护了合约的严肃性与公平性。

4.3、动态调整系数的生成与映射；

基于步骤 4.2 得出的趋势值 $\Delta \bar{I}_d$ ，系统生成动态调整系数 λ_t ，用于修正步骤三中的财务条款。该系数设计为非线性映射函数，以体现风险变化的边际效应。具体公式如下：

$$\lambda_t = 1 + \gamma \cdot \tanh(\eta \cdot \Delta \bar{I}_d);$$

其中， γ 为最大调整幅度系数（例如 0.2，表示最多上下浮动 20%）， η 为灵敏度参数，用于控制趋势变化对系数的影响速率； $\tanh$ 为双曲正切函数，确保 λ_t 始终位于 $(1 - \gamma, 1 + \gamma)$ 区间内，防止过度调整导致精算失衡。当 $\Delta \bar{I}_d$ 为正

且较大时， λ_t 大于 1，意味着系统认可个体风险降低，将增加权益；反之则小于 1，减少权益。该系数 λ_t 将作为乘数因子，直接作用于步骤三定义的赔付金额与支付额度。例如，若个体连续三个月行为显著改善， λ_t 将逐步累积并稳定在高位，此时合约中的财务承诺将自动向更有利的方向倾斜。

4.4、条款执行的自动化更新与记录；

最后一步是将计算出的调整系数 λ_t 应用到合约条款中，并记录更新日志。系统并不重新签署法律文件，而是在区块链智能合约层面执行代码层面的参数替换。对于早期赔付金额 P_{early} ，新的执行金额为 $P'_{early} = P_{early} \times \lambda_t$ ；对于晚期生存支付 P_{late} ，新的执行金额为 $P'_{late} = P_{late} \times \lambda_t$ 。同时，系统生成一条包含时间戳、原始系数、新系数及依据数据的交易记录，写入授权区块链的不可篡改账本。该记录不仅作为后续审计的依据，也是合约状态变更的法律凭证。由于所有计算过程均基于公开透明的算法公式，任何参与方均可验证调整结果的合理性。

五、基于认证健康事件的合约自动执行与审计；

本步骤聚焦于将步骤四中生成的动态调整条款落地为可执行的数字化协议。核心在于利用区块链技术构建去中心化的信任环境，确保合约条款在触发特定条件时能够自动、准确地执行，杜绝人为干预或欺诈风险。系统不再依赖传统的第三方机构进行理赔审核，而是通过预言机（Oracle）机制获取经过多方认证的链下健康数据，将其哈希上链并与智能合约逻辑进行比对。一旦匹配成功，资金划转即刻发生，同时生成不可篡改的审计轨迹。这一过程将步骤三定义的静态条款与步骤四的动态调整结果深度融合，具体包括：

5.1、多源数据上链与身份认证锚定；

在合约执行前，必须确保输入数据的真实性与来源的可信度。系统采用分布式数字身份（DID）技术，为每一位签约个体分配唯一的链上身份标识 ID_{user} 。该标识与步骤一采集的生物特征及人口统计信息绑定，确保数据归属权清晰。

说明书

对于来自医疗机构的生物标志物报告及可穿戴设备数据，系统引入多重签名验证机制。数据发送方（医院或设备厂商）使用私钥对数据包进行签名，接收节点验证签名有效性后，将数据摘要（Hash）写入区块链的交易头。设原始数据为 $Data_{raw}$ ，其哈希值为 $H = Hash(Data_{raw})$ 。只有当 H 与链上存储的预存哈希一致，且签名验证通过时，数据才被视为有效。此外，系统要求关键医疗数据至少经过两个独立节点的交叉验证（如一家三甲医院和一个权威实验室），以降低单一数据源造假的可能性。

5.2、智能合约逻辑编译与状态机构建；

在数据确权完成后，系统将步骤三和步骤四生成的所有条款逻辑编译为智能合约代码。该代码被封装为一个有限状态机（FSM），定义了合约在不同条件下的状态转移路径。状态机包含三个主要状态：初始生效态、动态调整态和自动赔付/支付态。在初始生效态，合约锁定步骤三计算的基准保费与保额；在动态调整态，合约监听步骤四输出的 λ_t 系数，实时更新赔付参数；在自动赔付/支付态，合约等待触发事件。状态转移的条件由预置的逻辑判断语句构成。例如，当检测到生物标志物 $B > B_{thresh}$ 且持续时间 $T > T_{dur}$ 时，状态机从动态调整态跳转至自动赔付态，并调用步骤三定义的赔付公式计算金额。智能合约的代码逻辑是公开透明的，存储在区块链的公共账本中，任何修改都需要经过共识机制确认，从而保证了执行规则的不可篡改性。

5.3、认证健康事件的触发与自动执行；

合约执行的核心在于对认证健康事件的识别与响应。系统部署专用的预言机节点，实时监控链上数据流。当步骤一采集的数据认证后，预言机将数据提交至智能合约。合约内部逻辑立即启动匹配程序：首先检查是否满足步骤三定义的早期疾病触发条件（如生物标志物阈值），其次检查步骤四计算的动态调整系数 λ_t 是否已更新。若条件全部满足，合约自动触发资金划转指令。以早期赔付为例，系统根据公式 $P'_{early} = P_{early} \times \lambda_t$ 计算出最终金额，并从投保人的保证金池或保险公司的准备金池中划拨资金至用户账户。整个过程无需人工审批，

耗时通常在几分钟内。对于晚期生存支付，系统同样在达到预定年龄 $T_{survival}$ 且存活状态确认后，自动按月或按年执行支付。这种自动化执行机制消除了传统理赔中的繁琐流程和潜在的人为延误，极大地提升了用户体验和资金效率。

5.4、全流程不可篡改审计与存证；

为了确保合约执行的公正性与可追溯性，系统在每一步操作中都生成详细的审计日志。每一次数据上链、每一次状态切换、每一次资金划转，都被记录为一个独立的区块交易。审计日志包含时间戳、操作类型、输入数据哈希、输出结果及参与节点的签名。设第 i 次操作的日志为 L_i ，其结构为 $L_i = (Time_i, Type_i, DataHash_i, Result_i, Sign_i)$ 。所有日志按时间顺序链接成链，形成完整的审计轨迹。监管机构或第三方审计员可以随时调取任意时刻的完整历史记录，验证合约执行是否符合既定逻辑。由于区块链的分布式特性，任何试图篡改历史记录的尝试都会导致整个链条的不一致，从而被网络拒绝。这种透明且不可篡改的审计机制，不仅增强了用户对系统的信任，也为解决潜在的纠纷提供了确凿的证据。

六、基于区块链的合约生命周期管理与价值流转；

本步骤重点在于描述合约在区块链上的全生命周期管理及其价值流转机制。不同于传统合同的一次性签署，本实施例下的合约是一个持续运行的数字资产实体。它随着时间推移不断积累数据、更新状态、产生现金流，并在整个存续期内保持高度的透明度和安全性。系统通过智能合约的内置逻辑，自动管理合约的到期、续约、终止以及收益分配，确保每一个环节都符合精算平衡原则和法律法规，具体包括：

6.1、合约生命周期的状态流转管理；

合约的生命周期被划分为四个阶段：初始化期、运行期、调整期和终止期。在初始化期，系统完成步骤一的数据接入、步骤二的概率曲线构建及步骤三条款定价，合约进入激活状态。进入运行期后，合约开始实时接收步骤一产生的数据流，执行步骤四的动态调整逻辑，并维持步骤五的自动执行功能。在此

说明书

阶段，系统持续监控合约的健康度，确保数据流未中断且计算逻辑正常。当合约到达预定终止日期（如被保险人身故或合约期满），系统自动进入终止期。

在终止期，系统执行最后的清算逻辑：若被保险人身故，结算剩余保额并支付给受益人；若合约期满且被保险人健在，则结算累计的生存支付总额。每个阶段的转换均由智能合约自动判定，无需人工介入。这种分阶段的管理模式使得合约具有清晰的边界和明确的责任划分，避免了传统合同中常见的模糊地带。

6.2、价值流的自动清算与分配；

合约运行过程中涉及复杂的资金流动，包括保费缴纳、风险准备金积累、早期赔付支出及晚期生存支付。系统通过智能合约内置的记账模块，自动管理这些价值流的清算与分配。设 t 时刻的净现金流为 CF_t ，其计算公式为：

$$CF_t = Premium_{in}(t) - P'_{early}(t) - P'_{late}(t) ;$$

其中， $Premium_{in}(t)$ 为当期收取的保费， $P'_{early}(t)$ 和 $P'_{late}(t)$ 分别为当期支付的早期赔付和晚期生存金。系统每日自动计算 CF_t ，并将其存入链上管理的准备金池。若 $CF_t > 0$ ，多余资金自动投资于低风险理财工具（如国债或高评级债券），产生投资收益；若 $CF_t < 0$ ，则从准备金池提取资金补足差额。投资收益按照预设比例分配给保险公司和投保人，作为分红或抵扣下期保费。这种自动清算机制确保了资金的高效运转，避免了资金沉淀和挪用风险。同时，所有的资金流向均在区块链上公开可查，每一笔收支都有据可查。

6.3、跨主体协作与权益共享机制；

本实施例的实施涉及多个利益相关方，包括投保人、保险公司、医疗机构、数据服务商及监管方。区块链平台通过智能合约构建了去中心化的协作网络，各主体在网络上拥有特定的权限和角色。医疗机构负责上传认证的健康数据并获得相应的数据访问费；数据服务商提供清洗和预处理服务并获取服务费；保险公司承担风险兜底责任并获取承保利润；监管方拥有只读权限以进行合规审

查。各方之间的权益分配由智能合约自动执行，无需签订繁琐的线下协议。

例如，当系统确认一笔早期赔付时，智能合约会自动将部分资金划拨给提供诊断服务的医疗机构作为激励，鼓励其提供更早、更准确的诊断。这种跨主体协作机制打破了传统保险行业的孤岛效应，形成了一个多方共赢的生态系统。所有参与方的贡献和价值都在链上得到准确记录和分配，促进了整个生态的良性循环。

6.4、合约归档与历史数据价值挖掘；

合约终止后，系统并不会简单删除数据，而是将其归档至区块链的冷存储层，形成长期的历史数据库。这些归档数据包含了个体的全生命周期健康记录、行为数据、风险曲线演变及财务往来明细。虽然合约已结束，但这些数据具有极高的研究价值和商业价值。系统提供安全的查询接口，允许授权的研究机构在获得用户许可的前提下，利用这些数据进行分析。

例如，通过分析大量个体的行为依从性与死亡率的相关性，可以优化未来的精算模型；通过分析不同健康干预措施的效果，可以指导公共卫生政策的制定。此外，归档数据还可以作为未来类似产品的定价参考，帮助新进入者快速建立风险评估体系。这种数据价值的持续挖掘，使得单个合约的生命周期虽已结束，但其产生的社会价值却得以延续和放大，实现了从单一业务向数据资产的转化。

综上所述，本实施例详细阐述了一种合约制定方法及系统的完整运作流程。从多源异构数据的标准化处理开始，经过个性化死亡概率曲线的构建、双边长寿合约的定价、基于行为依从性的动态调整、区块链自动执行与审计，直至最终的生命周期管理与价值流转，六个步骤环环相扣，逻辑严密。该方法通过精算引擎与区块链技术的深度融合，成功将财务激励与预防性医疗结合，构建了一个风险共担、行为引导的闭环管理体系。它不仅解决了传统保险中静态评估与动态风险不匹配的痛点，还通过技术手段实现了合约执行的透明化、自动化与智能化，为健康保险行业的创新发展提供了切实可行的技术路径。

以上所述仅为本发明的示例性的实施方式，并非因此限制本发明的专利范

说明书

围，凡是在本发明的技术构思下，利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构变换，或直接/间接运用在其他相关的技术领域均包括在本发明的专利保护范围内。

说明书附图

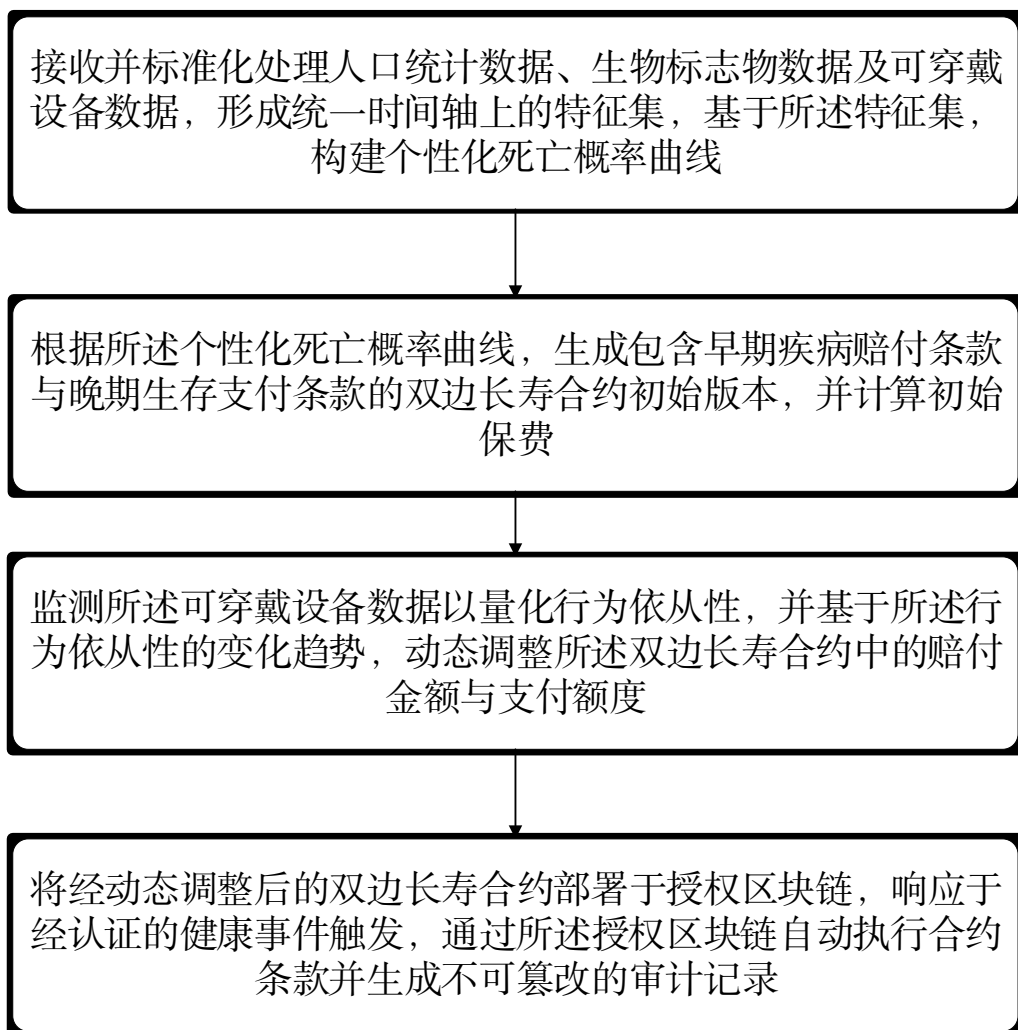


图 1

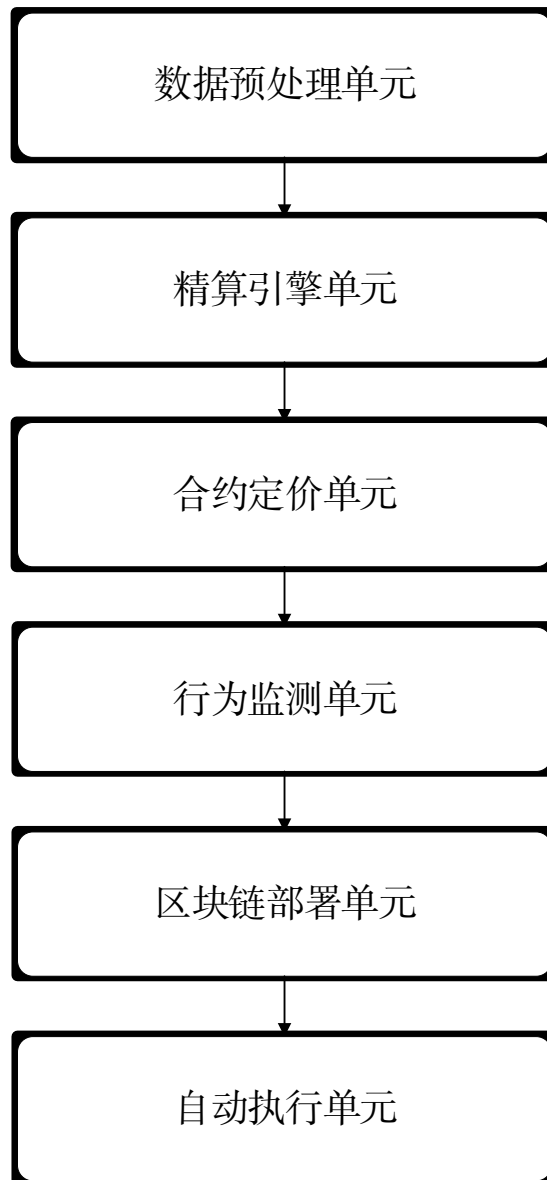


图 2