



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114723131 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 08

(21) 申请号 202210350937.6

(22) 申请日 2022.04.02

(71) 申请人 中国地质大学(北京)

地址 100083 北京市海淀区学院路29号

(72) 发明人 刘建丽 姚俊 周德良 赵陈晨

李若飞 刘厚权 刘翔方

(74) 专利代理机构 北京东方盛凡知识产权代理

事务所(普通合伙) 11562

专利代理师 王颖

(51) Int. Cl.

G06Q 10/04 (2012.01)

G06Q 50/02 (2012.01)

G06N 3/04 (2006.01)

G06N 3/08 (2006.01)

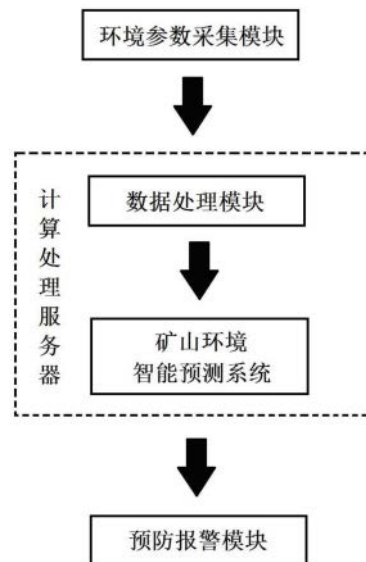
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于人工智能的矿山环境智能预测系统

(57) 摘要

本发明提供了一种基于人工智能的矿山环境智能预测系统,包括:环境参数采集模块、数据处理模块、矿山环境智能预测模块与预防报警模块;所述环境参数采集模块用于采集监测区域中的环境参数;所述数据处理模块用于对所述环境参数进行预处理;所述矿山环境智能预测模块用于根据预处理后的所述环境参数进行未来趋势预测;所述预防报警模块根据预测的结果进行报警。本发明基于矿山环境智能预测系统对环境数据进行智能化预测,实现了对矿山环境变化趋势的智能预测与超前预防治理。



1. 一种基于人工智能的矿山环境智能预测系统,其特征在于,包括:环境参数采集模块、数据处理模块、矿山环境智能预测模块与预防报警模块;

所述环境参数采集模块用于采集监测区域中的环境参数;

所述数据处理模块用于对所述环境参数进行预处理;

所述矿山环境智能预测模块用于根据预处理后的所述环境参数进行未来趋势预测;

所述预防报警模块根据预测的结果进行报警。

2. 根据权利要求1所述的基于人工智能的矿山环境智能预测系统,其特征在于,

所述环境参数包括:pH数据、重金属有效态含量与重金属赋存形态含量;

所述环境参数采集模块包括:pH传感器、重金属有效态含量传感器与重金属赋存形态含量传感器;

所述重金属有效态含量传感器用于采集重金属的有效态含量;

所述重金属赋存形态含量传感器用于采集砷、铜、镉、铅、锌、镍的赋存形态含量。

3. 根据权利要求2所述的基于人工智能的矿山环境智能预测系统,其特征在于,

所述数据处理模块中的预处理为:将所述环境参数按时间先后顺序排序,对同一类型的环境参数进行均值处理。

4. 根据权利要求3所述的基于人工智能的矿山环境智能预测系统,其特征在于,

所述矿山环境智能预测模块包括:LSTM神经网络、训练数据库和趋势预测模型;

所述训练数据库用于存储环境训练数据,并对所述环境训练数据进行标注;

所述LSTM神经网络用于基于标注后的所述环境训练数据进行迭代训练,获得所述趋势预测模型;

所述趋势预测模型用于根据所述环境参数进行未来趋势预测。

5. 根据权利要求4所述的基于人工智能的矿山环境智能预测系统,其特征在于,

所述LSTM神经网络包括:输入层、隐藏层与输出层;

所述输入层用于输入环境训练数据;

所述隐藏层用于迭代学习时间序列数据的短程和长程语义特征;

所述输出层用于输出预测结果。

6. 根据权利要求4所述的基于人工智能的矿山环境智能预测系统,其特征在于,

所述趋势预测模型进行未来趋势预测包括:进行短期趋势预测、进行中趋势预测与进行长期趋势预测。

7. 根据权利要求6所述的基于人工智能的矿山环境智能预测系统,其特征在于,

所述环境训练数据均按照时间顺序进行排列;

所述环境训练数据包括:pH数据、重金属有效态含量与重金属赋存形态含量;

所述重金属有效态含量为砷、铜、镉、铅、锌、镍的有效态含量;

所述重金属赋存形态含量为砷、铜、镉、铅、锌、镍的赋存形态含量。

8. 根据权利要求7所述的基于人工智能的矿山环境智能预测系统,其特征在于,所述LSTM神经网络还包括LSTM网络参数;

所述LSTM网络参数包括学习率、迭代次数、stepsize;

所述stepsize取值1-24之间。

9. 根据权利要求8所述的基于人工智能的矿山环境智能预测系统,其特征在于,对所述

环境训练数据进行标注的方式为：

当stepsize=1时,以第n+x时刻的环境训练数据作为第n时刻环境训练数据的标签;当stepsize=2时,以第n+x时刻的环境训练数据作为第n和第n-1时刻环境训练数据的标签;当stepsize=3时,以第n+x时刻的环境训练数据作为第n、n-1和n-2时刻环境训练数据的标签,其余依次类推;

其中,第n时刻环境训练数据为一个时间段内的环境训练数据均值,n取任意不小于0的整数;x为预测步长参数,x取任意不小于0的整数;

所述预测步长参数x的取值大小取决于是进行短期趋势预测、中期趋势预测或长期趋势预测。

10. 根据权利要求4所述的基于人工智能的矿山环境智能预测系统,其特征在于,

所述趋势预测模型包含pH趋势预测模型、重金属有效态含量趋势预测模型与重金属赋存形态含量趋势预测模型;

所述预防报警模块具体用于pH报警、重金属有效态含量报警与重金属赋存形态含量报警。

## 一种基于人工智能的矿山环境智能预测系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于矿山修复技术领域,尤其涉及一种基于人工智能的矿山环境智能预测系统。

### 背景技术

[0002] 我国矿产资源集中分布地区与人口密集区、粮食主产区、生态脆弱区盖度重叠,因此,矿山重金属-有机物复合污染严重影响了国家粮食安全、食品安全、生态安全与人体健康。。

[0003] LSTM(Long Short-Term Memory,长短期记忆网络)是一种时间循环神经网络,是为了解决RNN存在的梯度消失和梯度爆炸问题而专门设计出来的。与RNN相比,LSTM具有独特的设计结构,其在隐藏层增加了输入门、输出门和遗忘门,并且使用记忆态单元来存储和处理长时间序列信息,非常适合于处理和预测时间序列中间隔和延迟非常长的重要事件。

[0004] 有色金属矿山采选冶过程对区域内的土壤、地貌、水资源、植被等造成严重的破坏,同时矿业废弃地,如排渣场废弃地、采场废弃地、尾矿渣废弃地等,均对周围生态环境严重破坏,如若不加以生态修复将会加速环境的恶化进程,导致矿产资源流失、地质灾害频发,对人类及其自然环境造成灾难性的后果。而矿山生态修复仅靠自然演替很难在短时期内达到生态修复要求,因此人工智能化的矿山废弃地预警,可以有效实施“一矿一策”措施,降低成本的同时,更加高效的加速矿山生态环境的恢复,减少矿区水土流失,遏制矿区生态环境恶化,最终使矿区生态系统达到结构合理、功能高效并能持续稳定发展的要求。但受限于智能化分析后的实时场地环境检测数据在数据处理模块与智能预测系统之间的转化,环境智能预测系统的建立在矿山废弃地预警领域的实际应用依旧面临着巨大的挑战。

[0005] 因此亟需提供一种新型专用于矿山废弃地复合污染环境的智能预测系统。

### 发明内容

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提出了一种基于人工智能的矿山环境智能预测系统,该系统利用基于LSTM的智能预测系统对监测区域的环境参数数据进行智能化和实时的未来趋势预测,真正实现了对矿山环境变化趋势的智能预测与超前预防治理。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供了一种基于人工智能的矿山环境智能预测系统;包括:环境参数采集模块、数据处理模块、矿山环境智能预测模块与预防报警模块;

[0008] 所述环境参数采集模块用于采集监测区域中的环境参数;

[0009] 所述数据处理模块用于对所述环境参数进行预处理;

[0010] 所述矿山环境智能预测模块用于根据预处理后的所述环境参数进行未来趋势预测;

[0011] 所述预防报警模块根据预测的结果进行报警。

[0012] 可选地,所述环境参数包括:pH数据、重金属有效态含量与重金属赋存形态含量;

[0013] 所述环境参数采集模块包括:pH传感器、重金属有效态含量传感器与重金属赋存

形态含量传感器；

[0014] 所述重金属有效态含量传感器用于采集重金属的有效态含量；

[0015] 所述重金属赋存形态含量传感器用于采集砷、铜、镉、铅、锌、镍的赋存形态含量。

[0016] 可选地,所述数据处理模块中的预处理为:将所述环境参数按时间先后顺序排序,对同一类型的环境参数进行均值处理。

[0017] 可选地,所述矿山环境智能预测模块包括:LSTM神经网络、训练数据库和趋势预测模型；

[0018] 所述训练数据库用于存储环境训练数据,并对所述环境训练数据进行标注；

[0019] 所述LSTM神经网络用于基于标注后的所述环境训练数据进行迭代训练,获得所述趋势预测模型；

[0020] 所述趋势预测模型用于根据所述环境参数进行未来趋势预测。

[0021] 可选地,所述LSTM神经网络包括:输入层、隐藏层与输出层；

[0022] 所述输入层用于输入环境训练数据；

[0023] 所述隐藏层用于迭代学习时间序列数据的短程和长程语义特征；

[0024] 所述输出层用于输出预测结果。

[0025] 可选地,所述趋势预测模型进行未来趋势预测包括:进行短期趋势预测、进行中期趋势预测与进行长期趋势预测。

[0026] 可选地,所述环境训练数据均按照时间顺序进行排列；

[0027] 所述环境训练数据包括:pH数据、重金属有效态含量与重金属赋存形态含量；

[0028] 所述重金属有效态含量为砷、铜、镉、铅、锌、镍的有效态含量；

[0029] 所述重金属赋存形态含量为砷、铜、镉、铅、锌、镍的赋存形态含量。

[0030] 可选地,所述LSTM神经网络还包括LSTM网络参数；

[0031] 所述LSTM网络参数包括学习率、迭代次数、stepsize；

[0032] 所述stepsize取值1-24之间。

[0033] 可选地,对所述环境训练数据进行标注的方式为：

[0034] 当stepsize=1时,以第n+x时刻的环境训练数据作为第n时刻环境训练数据的标签；当stepsize=2时,以第n+x时刻的环境训练数据作为第n和第n-1时刻环境训练数据的标签；当stepsize=3时,以第n+x时刻的环境训练数据作为第n、n-1和n-2时刻环境训练数据的标签,其余依次类推；

[0035] 其中,第n时刻环境训练数据为一个时间段内的环境训练数据均值,n取任意不小于0的整数;x为预测步长参数,x取任意不小于0的整数；

[0036] 所述预测步长参数x的取值大小取决于进行短期趋势预测、中期趋势预测或长期趋势预测。

[0037] 可选地,所述趋势预测模型包含pH趋势预测模型、重金属有效态含量趋势预测模型与重金属赋存形态含量趋势预测模型；

[0038] 所述预防报警模块具体用于pH报警、重金属有效态含量报警与重金属赋存形态含量报警。

[0039] 与现有技术相比,本发明具有如下优点和技术效果：

[0040] 基于人工智能的智能预测系统对监控区域的环境数据进行未来趋势预测,真正实

现了环境参数恶化前的超前预防治理,避免了恶化后再治理所产生的高成本、长耗时和大量人力物力;

[0041] 智能预测与超前预防治理具有实时性和同步性,真正实现了第一时间提前发现和第一时间提前治理;

[0042] 本发明所涉及的人工智能预测系统完全基于人工智能和人工神经网络LSTM进行开发设计,具有更高的智能化程度。

### 附图说明

[0043] 构成本申请的一部分的附图用来提供对本申请的进一步理解,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。在附图中:

[0044] 图1为本发明实施例的一种基于人工智能的矿山环境智能预测系统结构示意图;

[0045] 图2为本发明实施例的矿山环境智能预测模块结构示意图。

### 具体实施方式

[0046] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本申请。

[0047] 需要说明的是,在附图的流程图示出的步骤可以在诸如一组计算机可执行指令的计算机系统中执行,并且,虽然在流程图中示出了逻辑顺序,但是在某些情况下,可以以不同于此处的顺序执行所示出或描述的步骤。

[0048] 实施例

[0049] 如图1所示,本实施例提供了一种基于人工智能的矿山环境智能预测系统,其特征包括:环境参数采集模块、数据处理模块、矿山环境智能预测模块与预防报警模块;

[0050] 环境参数采集模块用于采集监测区域中的环境参数;

[0051] 数据处理模块用于对环境参数进行预处理;

[0052] 矿山环境智能预测模块用于根据预处理后的环境参数进行未来趋势预测;

[0053] 预防报警模块根据预测的结果进行报警。

[0054] 进一步地,环境参数采集模块包括多个传感器,传感器设置于环境监测区域中的一个或多个采集位点,且每个采集位点根据环境、条件、需求等设置一个或多个传感器,以检测环境监测区域中的一种或多种参数。如上环境参数包括pH传感器、重金属有效态含量(如砷、铜、镉、铅、锌、镍等)传感器、重金属赋存形态含量(如砷、铜、镉、铅、锌、镍等)传感器采集。

[0055] 进一步地,环境参数采集模块与数据处理模块相连,其采集监测区域内的环境参数数据,并将环境参数数据实时传输至数据处理模块以进行数据预处理。其中数据预处理的方式为:将每个采集位点采集的不同类型数据均按时间先后排序,且对多个采集位点采集的多份同类型参数数据进行均值处理,均值处理要求为对时间排序序号相同的同类型数据进行均值。如果某类型数据只有一份,则不做均值处理,仅按时间先后排序。然后将排序后的数据按照数据类型传送给对应的预测模型进行未来趋势预测。

[0056] 人工智能(Artificial Intelligence, AI)是涉及研究、设计和应用智能机器的一种机器学习技术。人工智能通过人工神经网络来对数据间的复杂关系进行建模,其通过组

合低级特征以形成更加抽象的高级特征,从而对数据特征进行提取,具有更强的建模和推理能力,且能够模拟人脑工作。与传统方法不同,人工智能不需要事先确定输入输出之间映射关系的数学方程,仅通过自身神经网络的训练学习,就能自主地从数据上学到有用的特征,这样在给定输入值时就能得到最接近期望的输出结果。人工神经网络是由大量处理单元相互连接构成的神经网络,其具有很强的自学能力,能够自动从已有数据中总结得到数据规律特征。

[0057] 在传统的RNN神经网络中,RNN训练方法是在传统反向传播算法的基础上加入了对时间的考量,但当传播的时间比较长时,需要回传的残差会呈指数下降,导致网络权重更新缓慢,无法体现出RNN的长期记忆效果,这时候梯度信号会变得非常微小近乎为零或者干脆发散,这就导致了RNN中梯度消失和梯度爆炸的问题。因此需要一个存储单元来存储记忆,LSTM模型由此被提出。

[0058] LSTM(Long Short-Term Memory,长短期记忆网络)是一种时间循环神经网络,是为了解决RNN存在的梯度消失和梯度爆炸问题而专门设计出来的。与RNN相比,LSTM具有独特的设计结构,其在隐藏层增加了输入门、输出门和遗忘门(三个门可以让信息选择式通过),并且使用记忆态单元来存储和处理长时间序列信息,其中记忆门用来选择忘记过去某些信息,输入门用来记忆现在的某些信息,信息通过输入门和记忆门将过去与现在的记忆进行合并,输出门最后输出信息。因此,LSTM非常适合于处理和预测时间序列中间隔和延迟非常长的重要事件。

[0059] 进一步地,矿山环境智能预测模块如图2所示,其包括LSTM神经网络、训练数据库和趋势预测模型,矿山环境智能预测模块可以对环境参数进行短期、中期或长期的未来趋势预测,短期指4-48h,中期指2-7天,长期指7-15天。其中,中期和长期的未来趋势预测不限于上述大小区间,它们可以较上述区间设定更大的区间值,只不过预测的未来时间越长,对应的误差也会增大。

[0060] LSTM神经网络包含输入层、隐藏层和输出层,其中输入层输入训练数据;隐藏层迭代学习时间序列数据的短程和长程语义特征;输出层输出预测结果。LSTM网络参数包括学习率、迭代次数、stepsize等,其中关键网络参数stepsize取值1-24之间,具体取值依据环境参数训练数据规模 and 实际条件与需求而定。

[0061] 训练数据库包含pH传感器、重金属有效态含量(如砷、铜、镉、铅、锌、镍等)传感器、重金属赋存形态含量(如砷、铜、镉、铅、锌、镍等)传感器采集的环境训练数据;训练数据库内的每一类环境训练数据都需要进行标注处理,且标注处理方式满足如下:

[0062] 当stepsize=1时,标注处理方式为以第n+x时刻的环境训练数据作为第n时刻环境训练数据的标签;当stepsize=2时,标注处理方式为以第n+x时刻的环境训练数据作为第n和第n-1时刻环境训练数据的标签;当stepsize=3时,标注处理方式为以第n+x时刻的环境训练数据作为第n、n-1和n-2时刻环境训练数据的标签,其余依次类推,其中x为预测步长参数,其取大于等于0的任意整数。

[0063] 预测步长参数x的取值大小与短、中和长期预测有关,若是短期预测则x取值应偏小,长期预测则x取值应偏大,中期预测则x介于上述两者之间。通过对预测步长参数x的调整,可以得到或近或远的未来时刻所对应的预测环境参数数据。比如当x取值为3时(设定第n和第n+1时刻之间的时间跨度为4小时),则趋势预测模型能够得到12个小时后的预测环境

数据;当x取值为24时,则趋势预测模型能够得到96个小时后(即4天后)的预测环境数据;当x取值为72时,则趋势预测模型能够得到12天后的预测环境数据。

[0064] 训练数据库内的每一类环境参数训练数据,它们均按照时间顺序进行排列,其中第n时刻的环境参数数据是指某一个时间段内的环境参数均值,而非一个时间点的环境参数值。不仅如此,所有时刻的环境参数数据对应的时间段均具有统一相同的区间大小。另外,第n和第n+1时刻(这里n取任意大于等于0的整数),两者之间的时间跨度以4或6或8小时为宜,最大不超过48小时。

[0065] 趋势预测模型包含pH传感器、重金属有效态含量(如砷、铜、镉、铅、锌、镍等)传感器、重金属赋存形态含量(如砷、铜、镉、铅、锌、镍等)传感器采集的环境训练数据所对应的趋势预测模型。每类趋势预测模型基于训练数据库内对应的环境训练数据利用LSTM网络进行训练学习而得到,并对对应的环境参数进行未来趋势预测。

[0066] 训练数据库内的每一类环境训练数据需要定期将最新的环境参数按时间顺序更新与补充到对应的环境训练数据里,从而可以保证数据的有效性和连续性。而每一类趋势预测模型也需要在环境训练数据定期更新后进行重新训练和训练后的模型更新,这样可以保证每一类趋势预测模型对未来趋势预测的准确性、可靠性和有效性。

[0067] LSTM神经网络的训练流程如下:

[0068] LSTM神经网络逐轮进行迭代训练,在每轮训练过程中,以第n、第n-1、……、第n-stepsizesize+1时刻的环境训练数据做为输入数据,并输出针对第n+x时刻的预测环境参数数据,然后,将第n+x时刻的预测环境参数数据与第n+x时刻的实际环境参数数据进行匹配,若匹配误差不满足预定要求,则根据匹配误差对神经网络各神经单元权值参数进行修正调整,然后继续以第n、第n-1、……、第n-stepsizesize+1时刻的环境参数数据做为输入数据,开始下一轮的迭代训练,直至n+x时刻的预测环境参数数据与第n+x时刻的实际环境参数数据之间的匹配误差小于指定阈值,则神经网络训练完成。

[0069] 数据处理模块对采集的环境参数进行预处理,然后将每一类环境参数对应传输给对应的趋势预测模型进行未来趋势预测。

[0070] 矿山环境智能预测模块和数据处理模块部署在计算处理服务器上,计算处理服务器需满足64G内存、4T硬盘空间,以保证人工智能计算处理器具有足够的计算处理能力和数据存储空间,同时计算处理服务器最好配备多块GPU,这样可以满足并行处理计算的需求。

[0071] 预防报警模块包含pH报警模块、重金属有效态含量(如砷、铜、镉、铅、锌、镍等)报警模块、重金属赋存形态含量(如砷、铜、镉、铅、锌、镍等)报警模块,且不同子模块间报警方式不同。

[0072] 预防报警模块与矿山环境智能预测模块相连接,其实时接收矿山环境智能预测模块发送过来的预测结果。只要预测结果显著或较显著差于当下环境参数,预防报警模块就进行报警,即便预测结果为达标环境参数;如果预测结果差于当下环境参数但不显著,则其很有可能是由正常的参数波动导致,则不进行报警。

[0073] 本发明的检测流程为:

[0074] 环境参数采集模块在监测区域中的一个或多个采集位点,通过一种或多种传感器采集监测区域内的一种或多种环境参数数据,并将采集的环境参数数据实时传输至数据处理模块;数据处理模块对采集的环境数据进行实时预处理,然后将处理后的每一类环境参



数实时传送给矿山环境智能预测模块；矿山环境智能预测模块包含多种趋势预测模型，每一类趋势预测模型对数据处理模块传送过来的对应类别环境参数数据实时进行未来趋势预测，并将预测结果实时传递给预防报警模块下的对应预防报警子模块；如果预测结果显著或较显著差于当下环境参数参数，即便预测结果为达标环境参数，预防报警子模块也进行报警，且不同预防报警子模块间报警方式不同；如果预测结果差于当下环境参数数据但不显著，则其很有可能是由正常的参数波动导致，则不进行报警。

[0075] 以上，仅为本申请较佳的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到的变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

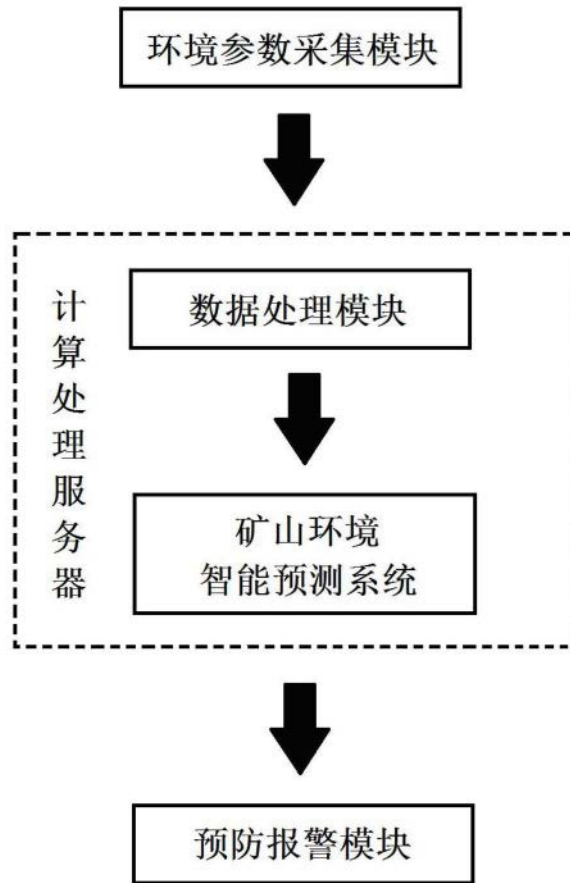


图1

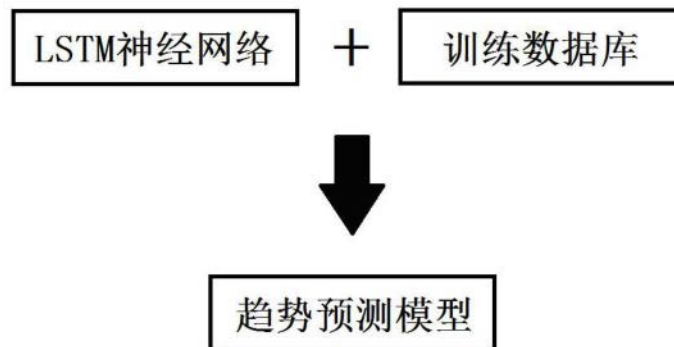


图2