



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105104278 B

(45)授权公告日 2017. 07. 18

(21)申请号 201510513763.0

(22)申请日 2015.08.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105104278 A

(43)申请公布日 2015.12.02

(73)专利权人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路
301号

(72)发明人 张荣标 王吉祥 孙爱义

(51)Int.Cl.

A01K 61/80(2017.01)

A01K 61/10(2017.01)

审查员 秦婕

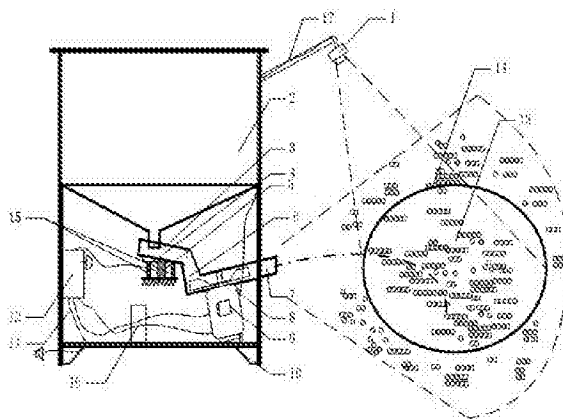
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

循环水养殖浮饵自动投放方法与装置

(57)摘要

本发明公开一种循环水养殖浮饵自动投放方法与装置,包括一个投饵机和一个CCD摄像头,启动CCD摄像头监测水面剩余浮饵量情况,在鱼群进食过t秒后,先计算出此时水面剩余浮饵量S以及当前鱼群进食速度k,再根据BP神经网络模型 $(y, r) = (S, k)$ 计算出当前投饵速度y和投饵工作时间r,以当前投饵速度y和投饵工作时间r作为最优控制参数控制投饵机自动投饵;实现及时反馈鱼群消化浮饵的情况并且达到精准投喂,并防止了由于单次投放浮饵过多而造成对水环境的破坏,提高了水的循环利用效率。



1. 一种循环水养殖浮饵自动投放方法,采用循环水养殖浮饵自动投放装置,该装置包括一个投饵机和一个CCD摄像头(1),投饵机的最上部是料斗(2),中间部分是位于料斗(2)下方的振动下料机构(3),最下部是底座(10);CCD摄像头(1)位于料斗(2)右上方且通过连接杆(17)连接于料斗(2);浮饵位于浮在水面上的封闭护料栏(14)内部,CCD摄像头(1)采集浮饵图片;振动下料机构(3)由接料口(6)、支架(4)、振动电磁铁(5)和弹簧(15)组成,接料口(6)固定连接支架(4),接料口(6)左端是位于料斗(2)出口下方的进口,接料口(6)右端是低于进口的出口;支架(4)正下方放置振动电磁铁(5),振动电磁铁(5)上端连接支架(4),下端固定连接底座(10);弹簧(15)上端连接支架(4),下端固定于底座(10)上;接料口(6)右侧设置抛料口(7)和电机(8),抛料口(7)下端连接电机(8);电机(8)的输出轴上装有电机叶片,电机叶片位于抛料口(7)内部,电机(8)连接变频器(16),变频器(16)、CCD摄像头(1)、振动电磁铁(5)均连接于控制系统,其特征是包括以下步骤:

步骤1:将投饵机安置在养殖池塘岸边,调整CCD摄像头(1)确保采集到整个护料栏(14)内部的浮饵图片信息,投放初始量 S_0 的浮饵;

步骤2:经 t_0 秒后鱼群开始进食,再经过 t 秒后,CCD摄像头(1)采集浮饵图片,控制系统根据通用公式 $S_{pi} = c * a_{pi}$ 、 $k_{xi} = (S_0 - S_{xi}) / t$ 计算出此时的水面剩余浮饵量 S_{11} 和当前鱼群进食实时速度 k_{11} ;c是浮饵图片中单个像素面积浮饵对应的实际浮饵质量, a_{pi} 是第p个采样周期第i时间段内剩余浮饵所占浮饵图片的面积;

步骤3:启动投饵机工作,提高电机(8)的投饵速度 y_{11} 使其大于鱼群进食速度 k_{11} ,在投饵机工作 r_{11} 时间后,水面浮饵再次增长到浮饵初始量 S_0 大小时,记录下此时的投饵速度 y_{11} 和投饵机工作时间 r_{11} ;由此采集到第一个时间段鱼群进食情况,即获得水面剩余浮饵量 S_{11} 、当前鱼群进食实时速度 k_{11} 、投饵速度 y_{11} 和投饵机工作时间 r_{11} ;

步骤4:重复执行步骤2、3,直至采集到第n个时间段的鱼群进食情况,此时浮饵被消化速度趋于0,将所有数据记录到数组 B_1 ,完成第一个采样周期;

步骤5:进行第二个采样周期,得到数组 B_2 ;以此类推,直到第n个采样周期结束,得到数组 B_n ;

步骤6:将数组 B_1 、 B_2 、 \dots 、 B_n 中的数据分成训练样本和测试样本,训练样本用于创建BP神经网络模型,测试样本用于修正模型;以训练样本数据中的鱼群进食速度k、水面剩余浮饵量S作为BP神经网络的输入变量,以投饵速度y和投饵机工作时间r作为输出变量,建立BP神经网络模型 $(y, r) = (S, k)$;

步骤7:启动CCD摄像头(1)监测水面剩余浮饵量情况,在鱼群进食过t秒后,先计算出此时水面剩余浮饵量S以及当前鱼群进食速度k,再根据BP神经网络模型 $(y, r) = (S, k)$ 计算出当前投饵速度y和投饵工作时间r,以当前投饵速度y和投饵工作时间r作为最优控制参数控制投饵机自动投饵。

2. 根据权利要求1所述的投放方法,其特征是:CCD摄像头(1)采集浮饵的RGB图片数据,通过USB传输协议由控制系统处理,处理时先将图片的RGB色彩模型转换为HSL模型,选取和浮饵H、S一致的像素点确定剩余浮饵数。

3. 根据权利要求1所述的投放方法,其特征是:浮饵初始量 S_0 面积占护料栏(14)所圈水面总面积的百分之九十。

循环水养殖浮饵自动投放方法与装置

技术领域

[0001] 本发明涉及渔业养殖自动化领域,具体涉及一种浮饵自动投放装置,用于在高密度的工业化渔业养殖中对水环境及自动化要求较高场所。

背景技术

[0002] 水产养殖从人工投饲走向自动投饲,自动浮饵投饲机是水产养殖重要组成之一,和人工抛洒浮饵相比,自动投饵是提高浮饵利用效率和控制养殖成本的主要手段。中国专利申请号为201110340825.4的文献公开一种自动投饵方法,运用视频采集系统采集水面信息,通过无线网络传输到上位机系统,再通过上位机系统实现对远端数据的实时监控,采用这种方法可以实现远程控制投饵机投饵,但其无线传输具滞后延时性,而且投饵过程需要人工看守,主观性强,容易形成误判,造成投饵过量或不足,投放过多的饵料不仅会降低利润,还会导致水环境污染,饵料变质,影响水质。相反,投放过少则会延缓鱼的生长。中国专利申请号为201410314811.9的文献公开一种基于鱼群聚集面积的投喂自动控制方法,这种方法根据鱼群聚集和游散情况来投喂,从而给鱼群投放必要且充足的饵料,然而,采用这种方法自动控制投饵时,没有从根源上反映饵料被消化情况,容易造成饵料堆积浪费,由于养殖塘水温和溶氧量等外界环境改变会造成鱼群胃口变化,所以不能简单根据鱼群聚集面积来判断饵料量的投放。

发明内容

[0003] 本发明的目的是为解决上述现有自动浮饵投饲技术存在的投饵过量或不足问题,提出一种能根据循环水养殖池塘里面的浮饵被消化情况而自动投放浮饵的装置及方法,以更好地满足自动投饵和循环水养殖这一需求。

[0004] 本发明循环水养殖浮饵自动投放装置采用的技术方案是:包括一个投饵机和一个CCD摄像头,投饵机的最上部是料斗,中间部分是位于料斗下方的振动下料机构,最下部是底座;CCD摄像头位于料斗右上方且通过连接杆连接于料斗;浮饵位于浮在水面上的封闭护料栏内部,CCD摄像头采集浮饵图片;振动下料机构由接料口、支架、振动电磁铁和弹簧组成,接料口固定连接支架,接料口左端是位于料斗出口下方的进口,接料口右端是低于进口的出口;支架正下方放置振动电磁铁,振动电磁铁上端连接支架,下端固定连接底座;弹簧上端连接支架,下端固定于底座上;接料口右侧设置抛料口和电机,抛料口下端连接电机;电机的输出轴上装有电机叶片,电机叶片位于抛料口内部,电机连接变频器,变频器、CCD摄像头、振动电磁铁均连接于控制系统。

[0005] 本发明循环水养殖浮饵自动投放方法采用的技术方案是:

[0006] 步骤1:将投饵机安置在养殖池塘岸边,调整CCD摄像头确保采集到整个护料栏内部的浮饵图片信息,投放初始量 S_0 的浮饵;

[0007] 步骤2:经 t_0 秒后鱼群开始进食,再经过 t 秒后,CCD摄像头采集浮饵图片,控制系统根据通用公式 $S_{浮} = c * a_{浮}$ 、 $k_{浮} = (S_0 - S_{浮}) / t$ 计算出此时的水面剩余浮饵量 S_{11} 和当前鱼群进

食实时速度 k_{11} ; c 是浮饵图片中单个像素面积浮饵对应的实际浮饵质量, a_{pi} 是第 p 个采样周期第 i 时间段内剩余浮饵所占浮饵图片的面积;

[0008] 步骤3: 启动投饵机工作, 提高电机的投饵速度 y_{11} 使其大于鱼群进食速度 k_{11} , 在投饵机工作 r_{11} 时间后, 水面浮饵再次增长到浮饵初始量 S_0 大小时, 记录下此时的投饵速度 y_{11} 和投饵机工作时间 r_{11} ; 由此采集到第一个时间段鱼群进食情况, 即获得水面剩余浮饵量 S_{11} 、当前鱼群进食实时速度 k_{11} 、投饵速度 y_{11} 和投饵机工作时间 r_{11} ;

[0009] 步骤4: 重复执行步骤2、3, 直至采集到第 n 个时间段的鱼群进食情况, 此时浮饵被消化速度趋于0, 将所有数据记录到数组 B_1 , 完成第一个采样周期;

[0010] 步骤5: 进行第二个采样周期, 得到数组 B_2 ; 以此类推, 直到第 n 个采样周期结束, 得到数组 B_n 。

[0011] 步骤6: 将数组 B_1 、 B_2 、 \dots 、 B_n 中的数据分成训练样本和测试样本, 训练样本用于创建BP神经网络模型, 测试样本用于修正模型; 以训练样本数据中的鱼群进食速度 k 、水面剩余浮饵量 S 作为BP神经网络的输入变量, 以投饵速度 y 和投饵机工作时间 r 作为输出变量, 建立BP神经网络模型 $(y, r) = (S, k)$;

[0012] 步骤7: 启动CCD摄像头监测水面剩余浮饵量情况, 在鱼群进食过 t 秒后, 先计算出此时水面剩余浮饵量 S 以及当前鱼群进食速度 k , 再根据BP神经网络模型 $(y, r) = (S, k)$ 计算出当前投饵速度 y 和投饵工作时间 r , 以当前投饵速度 y 和投饵工作时间 r 作为最优控制参数控制投饵机自动投饵。

[0013] 本发明采用上述技术方案后具有的优点是:

[0014] 1、本发明为了实现自动投饵机投饵量的精细化, 投饵之前先根据水面剩余浮饵的实时图像分析鱼群进食情况再控制投饵机投饵, 这种投饵方法解决了由于养殖塘水温和溶氧量等外界环境改变造成的鱼群胃口变化而导致浮饵投喂量无法确定的难题, 实现了及时反馈鱼群消化浮饵的情况并且达到精准投喂, 并防止了由于单次投放浮饵过多而造成对水环境的破坏, 提高了水的循环利用效率;

[0015] 2、当投饵正在进行时, 抛洒在空中的饵料会遮挡住水面的浮饵, 导致图像采集不到水面的剩余浮饵情况, 无法实时监测水面信息, 本发明为解决此问题, 对投饵机实施间歇性工作, 即投饵一段时间, 停止投饵开始监测, 然后停止监测继续投饵, 再停止投饵开始监测, 如此循环。这样, 图像采集装置可以间歇性监测鱼群进食速度, 达到实时监测鱼群进食情况, 其中, 投饵机工作占空比由控制盒处理数据后产生的控制参数决定。

[0016] 3、本发明将图像采集装置安装在投饵机储料仓右上方, 与投饵机形成一体, 操作简单方便, 成本低, 而且采集视野可根据连接杆任意调节, 不同于一般的水下摄像头既昂贵又不易安装固定。

[0017] 4、本发明针对投饵过程中即无法监测到水面浮饵情况, 而且具有非线性、难以建立精确数学模型等特点, 提出一种模糊控制方法, 控制参数采用BP人工神经网络确定, 从而可以根据现场实时采集和处理的数据自动得出控制参数。

附图说明

[0018] 图1是本发明循环水养殖浮饵自动投放装置的整体结构示意图;

[0019] 图2是图1中振动下料机构示意图;

- [0020] 图3是图1中摄像头视距、视角示意图；
- [0021] 图4是图1所示装置在投饵过程中水面浮饵剩余量和时间的关系模型图；
- [0022] 图5是用微元法求鱼群进食速度示意图。
- [0023] 附图中各部件的序号和名称如下：1、CCD摄像头，2、料斗，3、振动下料机构，4、支架，5、振动电磁铁，6、接料口，7、抛料口，8、电机，9、电机供电端子，10、投饵机底座，11、电源线，12、控制盒，13、浮饵，14、护料栏，15、弹簧，16、变频器，17、连接杆。

具体实施方式

[0024] 如图1所示，本发明循环水养殖浮饵自动投放装置包括一个投饵机和一个CCD摄像头1，CCD摄像头1用于实时采集浮饵个数图像数据。投饵机的最上部是料斗2，中间部分是振动下料机构3，最下部是底座10。CCD摄像头1位于料斗2的右上方，通过连接杆17连接于料斗2。调整好CCD摄像头1的位置，使其采集到浮在水面上的浮饵13，浮饵13用浮在水面上的封闭的护料栏14围成一圈，护料栏14为圆形，CCD摄像头1对着护料栏14内部采集护料栏14内部的浮饵13。护料栏14是用来保护浮饵13，防止浮饵13飘离CCD摄像头1的采集范围。

[0025] 投饵机的中间部分振动下料机构3位于料斗2的下方，料斗2的饵料向下落入振动下料机构3中。振动下料机构3由接料口6、支架4、振动电磁铁5和弹簧15组成，接料口6固定焊接在支架4上，接料口6的左端是进口，接料口6的进口位于料斗2的出口下方，接料口6的右端是出口，接料口6出口低于进口处，向右下方倾斜，支架4和接料口6共同形成大约 10° 的左高右低的小斜坡状，便于饵料的添加，不易出现卡料现象。

[0026] 再参见图2，支架4的正下方放置一个振动电磁铁5，振动电磁铁5的上端连接于支架4，下端固定在投饵机的底座10上，振动电磁铁5经控制线连接控制盒12中的控制系统，控制系统控制振动电磁铁5工作，振动电磁铁5工作时能产生强烈的振动，用来振动支架4和接料板6，带动振动下料机构3促进下料工作顺利进行，确保料斗2送来的浮饵可通过振动滑到接料板6。四根弹簧1呈正方形布置在支架4的四角处，弹簧15的上端连接支架4，下端固定于底座10上，

[0027] 接料口6的右侧设置抛料口7和电机8，接料口6连接于抛料口7，抛料口7的下端连接电机8，电机8固定在底座10上。电机8的输出轴向左倾斜 20° 至 30° 。电机8的输出轴上安装电机叶片，电机叶片位于抛料口7内部，确保叶片在抛料口7内部正常运转。抛料口7左低右高向右上方倾斜 20° 至 30° ，接料口6将浮饵集中到电机8的叶片转动轨道上，确保浮饵能被叶片带动并从抛料口7抛出。

[0028] 电机8通过供电端子9连接变频器16，变频器16连接控制盒12，控制盒12安装在投饵机的左下侧，控制盒12由电源线11给整个投料机供电。控制盒12内设有控制系统，控制系统经变频器16可驱动电机8并调节电机8的转速。

[0029] CCD摄像头1通过导线连接控制盒12，将采集的浮饵图像信息数据传输给控制系统，控制系统分析浮饵图像信息并且控制投饵机投饵动作。

[0030] 如图3所示，CCD摄像头1距离水面高度为 h ，摄像头视角 θ 为 30° 左右，摄像头中心线与垂直线之间的夹角 α 为 30° 左右， α 夹角即摄像头的安装角度。CCD摄像头1可拍摄的圆形范围的直径是 d ，直径 d 也是护料栏14的直径，直径 d 取决于高度 h 和摄像头视角 θ 以及摄像头的安装角度 α ，相互之间的关系表示为：

$$[0031] \quad d = h * (1 - \tan(\alpha - \theta/2)),$$

[0032] 根据护料栏14确定CCD摄像头1在水面上采集的圆形范围大小,护料栏14将抛投的浮饵圈起来,避免因为浮饵飘走造成误判。

[0033] 本发明先由CCD摄像头1采集RGB图片数据,然后通过USB传输协议交由控制盒12中的控制系统处理图片数据,处理图片时先将图片的RGB色彩模型转换为HSL模型,H、S、L分别代表色相、饱和度、明度三个颜色通道。本发明采用这种图片处理方法主要是为解决水面上的光照强度不稳定对图像处理结果的影响很大的问题。本发明减小光照强度影响方法是通过忽略明度L处理图片数据,只选取和浮饵H、S一致的像素点确定剩余浮饵数,这样不管外界光线如何改变都不会影响图片的处理。然后根据处理得到的剩余浮饵数据以控制投饵机工作,比如:剩余浮饵数多时,则控制系统产生一个占空比低的PWM波形并通过I/O口传输到变频器16,再由变频器16驱动抛料电机8,同时打开振动电磁铁5,这样就可以添加少量的浮饵;当剩余浮饵少时,则让控制系统产生一个占空比高的PWM波形并通过I/O口传输到变频器16,由变频器16驱动抛料电机8,同时打开振动电磁铁5,这样可以迅速补充大量的浮饵供鱼群消化。

[0034] 如图4所示的投饵过程中水面剩余量和时间的关系模型图,图中横坐标是时间,单位s,纵坐标是浮饵量,单位g。 S_0 代表投进水面的浮饵初始量,浮饵初始量 S_0 的多少取决于圆形护料栏14的面积和嵌入式图像处理能力,即浮饵初始量 S_0 不能过多或者过少,一般需满足:浮饵初始量 S_0 面积占护料栏14所圈水面总面积的百分之九十左右。如果浮饵初始量 S_0 过多,会影响图像采集,如果过少,在下一个时间段采集周期还没到时浮饵就全部被鱼群吃完,便采集不到鱼群的进食速度还影响鱼群的生长。图4中 t_0 代表投饵机投饵 t_0 时间后鱼群开始进食的响应时间,浮饵刚投进水面,鱼群一般需要经过时间 t_0 嗅到浮饵并游过来进食,在经时间 t_0 过后,鱼群进入投喂过程。

[0035] 本发明将鱼群的一次投喂过程分成n个投饵时间段,每个投饵时间段T由t时间段和 r_i 时间段组成, $i=1,2,3,\dots,n$,其中t时间段是鱼群进食时间,由控制系统根据采集的图像数据自动确定,在此t时间段投饵机不工作; r_i 时间段表示投饵机工作时间段,此时间段鱼群继续进食。例如,在第一个投饵时间段T,在t时间段只包括鱼群进食,投饵机不工作,而在 r_1 时间段,投饵机工作补充饵料,鱼群继续进食。经过t时间段后,鱼群共进食浮饵量大小为 $(S_0 - S_i)g$, S_i 表示在i个投饵时间段结束时的剩余浮饵质量。剩余浮饵质量 S_i 是根据所采集的此时图片数据中剩余浮饵所占面积 a_i 计算得到的, $S_i = c * a_i$ ($i=1,2,3,\dots,n$),系数c是图片中单个像素面积浮饵对应的实际浮饵质量。

[0036] 在t时间段内,由于鱼群进食的速度是非匀速非线性的,本发明通过用微元法来计算鱼群平均进食速度k。如图5所示,将t时间段内的鱼群进食曲线图均匀微分成j个微小单元,这样非匀速的鱼群进食速度在每个单元内可以看做是匀速进食,即鱼群进食速度 $V = \Delta S / \Delta t$ 。又因为 $\sum \Delta S = S_0 - S_1$, $\sum \Delta t = t$,将每个微小单元速度看成 $v_1, v_2, v_3, \dots, v_j$,那么:

$$[0037] \quad v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_j = (s_0 - s_1) / \Delta t,$$

[0038] 由于存在一个自然数k,使得 $j * k = v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_j$ 成立,所以得到:

$$[0039] \quad k = (s_0 - s_1) / (\Delta t * j),$$

[0040] 而由于每个 Δt 是相等的,所以 $\Delta t * j = t$,得到 $k = (S_0 - S_1) / t$ 。因此,采用

$k = (s_j - s_i) / (\Delta t * j)$ 来表示鱼群在第一个投饵时间段T内的进食速度,那么各个投饵时间段T鱼群进食速度 k_i 的通用公式为:

$$[0041] \quad k_i = (S_0 - S_i) / t (i = 1, 2, 3, \dots, n).$$

[0042] 投饵时需要综合鱼群进食速度、水面剩余浮饵量多种因素,获取这些数据需要通过投饵机上的CCD摄像头1实时采集,但由于投饵过程中,水面浮饵图片数据不稳定,而且空中的浮饵会遮挡水面剩余浮饵量,无法实现一直监测水面情况,所以本发明采用间歇性投饵方式并且使用BP神经网络预测控制单次时间段投饵的最佳方式。首先确定投饵机的控制方法关系式 $(y, r) = (S, k)$,其中 y 是当前时刻投饵机的投饵速度, r 是当前时刻投饵机工作时间, S 是当前时刻水面剩余浮饵量, k 是当前时刻鱼群进食速度。

[0043] 建立BP神经网络模型首先需要采集样本数据,在样本数据采集过程中,涉及到多个采样周期和时间段,为区分剩余浮饵量代表的是第几个周期和时间段,在实验过程中用 S_{pi} 表示第 p 周期和第 i 时间段的剩余浮饵量, k_{pi} 表示第 p 周期和第 i 时间段的鱼群进食速度, r_{pi} 表示第 p 周期和第 i 时间段的投饵机持续工作时间, y_{pi} 表示第 p 周期和第 i 时间段的投饵速度。样本数据采集后,采用BP神经网络对样本数据进行训练,获得BP神经网络关系模型 $(y, r) = (S, k)$,根据该模型实现浮饵自动投放的最优控制。具体如下:

[0044] (一)数据样本采集

[0045] 步骤A:将投饵机安置在养殖池塘岸边,调整并固定好护料栏14,确保投出的饵料处于护料栏14内部,并根据护料栏14调整CCD摄像头1的安装高度和角度,确保可采集到整个护料栏14内部的浮饵信息。在开始采集信息前,需先,投放浮饵初始量大小是 S_0 ,浮饵初始量 S_0 大小需要根据多次实验确定它的阈值,上限由嵌入式图像处理能力决定,初始浮饵量不能多到影响图像处理结果,即浮饵多到重叠或者多的超出护料栏14的范围;下限是在单个投饵时间段T内有足够的浮饵供鱼群进食,不能在单个投饵时间段T周期内存在鱼群进食空闲期。

[0046] 步骤B:在投放浮饵初始量 S_0 到水面上后,经 t_0 秒后鱼群开始进食,此时控制系统启动CCD摄像头1开始监测水面剩余浮饵量情况,经过 t 秒后,鱼群消化浮饵一定量后不够吃,此时CCD摄像头1采集实时浮饵图片,进行第一次实时图片数据采集,并将图片数据送入控制系统,控制系统对图片数据进行处理,根据如下通用公式计算此时的水面剩余浮饵量 S_{11} :

$$[0047] \quad S_{pi} = c * a_{pi} (p = 1, 2, 3, \dots, b; i = 1, 2, 3, \dots, n),$$

[0048] 其中系数 c 是浮饵图片中单个像素面积浮饵对应的实际浮饵质量, a_{pi} 是第 p 个采样周期第 i 时间段内剩余浮饵所占浮饵图片的面积,共 b 个采样周期,并根据通用公式:

$$[0049] \quad k_{pi} = (S_0 - S_{pi}) / t (p = 1, 2, 3, \dots, b; i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

[0050] 计算出当前鱼群进食实时速度 k_{11} 。

[0051] 步骤C:启动投饵机,电机8工作,开始投放饵料,提高投饵机的电机8转速 y_{11} ,即投饵速度 y_{11} ,使投饵速度 y_{11} 大于鱼群进食速度 k_{11} 。在投饵机工作 r_{11} 时间后,此时水面浮饵再次增长到浮饵初始量 S_0 大小时,记录下此时的投饵速度 y_{11} 和投饵机工作时间 r_{11} ,暂停投饵机工作一会儿等待下次观察。

[0052] 由此,采集到了第一个时间段T鱼群进食情况,获得了这一时间段的水面剩余浮饵量 S_{11} 、当前鱼群进食实时速度 k_{11} 、投饵速度 y_{11} 和投饵机工作时间 r_{11} 。

[0053] 步骤D:重复执行步骤B和步骤C,并计算出水面剩余浮饵 S_{12} 、当前鱼群进食实时速度 k_{12} 在水面浮饵增长到浮饵初始量 S_0 大小时,记录下此时的投饵速度 y_{12} 和投饵机工作时间 r_{12} 。

[0054] 由此,采集到了第二个时间段T鱼群进食情况,获得了这一时间段的水面剩余浮饵量 S_{12} 、当前鱼群进食实时速度 k_{12} 、投饵速度 y_{12} 和投饵机工作时间 r_{12} 。

[0055] 以此类推重复执行步骤D,直至采集到第n个时间段T的鱼群进食情况,此时浮饵被消化速度趋于0,表明一个投饵数据采集周期也就是一次投喂周期的整个过程结束,将所有数据记录到数组 B_1 ,完成第一个采样周期。

[0056] 步骤E:开始进行第二个采样周期,首先设置好投饵初始量大小是 S_0 ,然后重复步骤B、C、D,得到第二个采样周期对应的水面剩余浮饵量 S_{21} 、 S_{22} 、 S_{23} 、 \dots 、 S_{2i} 和鱼群进食速度 k_{21} 、 k_{22} 、 k_{23} 、 \dots 、 k_{2i} 和投饵机工作时间 r_{21} 、 r_{22} 、 r_{23} 、 \dots 、 r_{2i} 和投饵速度 y_{21} 、 y_{22} 、 y_{23} 、 \dots 、 y_{2i} ,将所有数据记录到数组 B_2 ,第二个采样周期结束。

[0057] 步骤F:以此类推,进行第三个采样周期,将采集到的水面剩余浮饵量 S_{21} 、 S_{22} 、 S_{23} 、 \dots 、 S_{2i} ,鱼群进食速度 k_{31} 、 k_{32} 、 k_{33} 、 \dots 、 k_{3i} ,投饵机工作时间 r_{31} 、 r_{32} 、 r_{33} 、 \dots 、 r_{3i} 和投饵速度 y_{31} 、 y_{32} 、 y_{33} 、 \dots 、 y_{3i} 存储到数组 B_3 中。将第四个采样周期采集到的数据存到 B_4 中,一直到第n个采样周期,记录到数组 B_n ,数据样本采集结束,此时共进行n次采样。

[0058] (二)数据样本训练

[0059] 本发明将采集的数据样本采用BP神经网络实现,以鱼群进食速度 k_{pi} ,水面剩余浮饵量 S_{pi} 为输入,投饵速度 y_{pi} 和投饵机工作时间 r_{pi} 为输出进行训练,通过BP神经网络拟合得出它们之间的关系式 $(y, r) = (S, k)$,具体如下:

[0060] 步骤1:为加快训练网络的收敛性,先对数组 B_1 、 B_2 、 \dots 、 B_n 中的数据进行归一化处理,然后将得到的样本数据分成训练样本和测试样本,训练样本用于创建BP神经网络模型,测试样本用于修正模型。

[0061] 步骤2:以步骤1中训练样本数据中的鱼群进食速度 k ,水面剩余浮饵量 S 为输入作为BP神经网络的输入变量,以投饵速度 y 和投饵机工作时间 r 作为BP神经网络的输出变量,建立BP神经网络模型。其中,BP神经网络隐层单元数目在使用中可根据实际情况作适当调整。

[0062] 步骤3:利用步骤1中的测试样本数据对该模型进行测试修正,通过修正该模型相关参数,使得实际测量值与模型输出值之间的相对误差尽可能的小,最终完成整个BP神经网络的训练过程,得出关系式 $(y, r) = (S, k)$ 。

[0063] (三)最优控制指令

[0064] 本发明中的投饵机最优控制指令的产生就是根据数据样本训练部分得出的数学关系式 $(y, r) = (S, k)$ 产生,以实际投喂周期内第一投饵时间段T为例,具体如下:

[0065] 投放初始浮饵量 S_0 完毕后,控制系统启动CCD摄像头1开始监测水面剩余浮饵量情况,在鱼群进食过t秒后,水面浮饵剩余不足,记录此时的剩余浮饵量 S_1 以及计算出当前鱼群进食速度 k_1 ,然后根据数学关系式 $(y, r) = (S, k)$,计算出当前最适合的投饵速度 y_1 和投饵机工作时间 r_1 ,并且对投饵机进行实时控制,直到 r_1 时间后,这样单次投饵时间段T结束,此时

如果水面上的剩余浮饵量是 S_0 左右,即作为下个投饵时间段的初始浮饵量 S_0 大小,既满足不影响图像数据处理也满足下一个时间段足够鱼群吃一段时间,那么该控制指令是最优控制指令。因此,对于整个投饵过程,在鱼群进食过 t 秒后,先计算出此时水面剩余浮饵量 S 以及当前鱼群进食速度 k ,再根据BP神经网络模型 $(y, r) = (S, k)$ 计算出当前投饵速度 y 和投饵工作时间 r ,以当前投饵速度 y 和投饵工作时间 r 作为最优控制参数控制投饵机自动投饵。

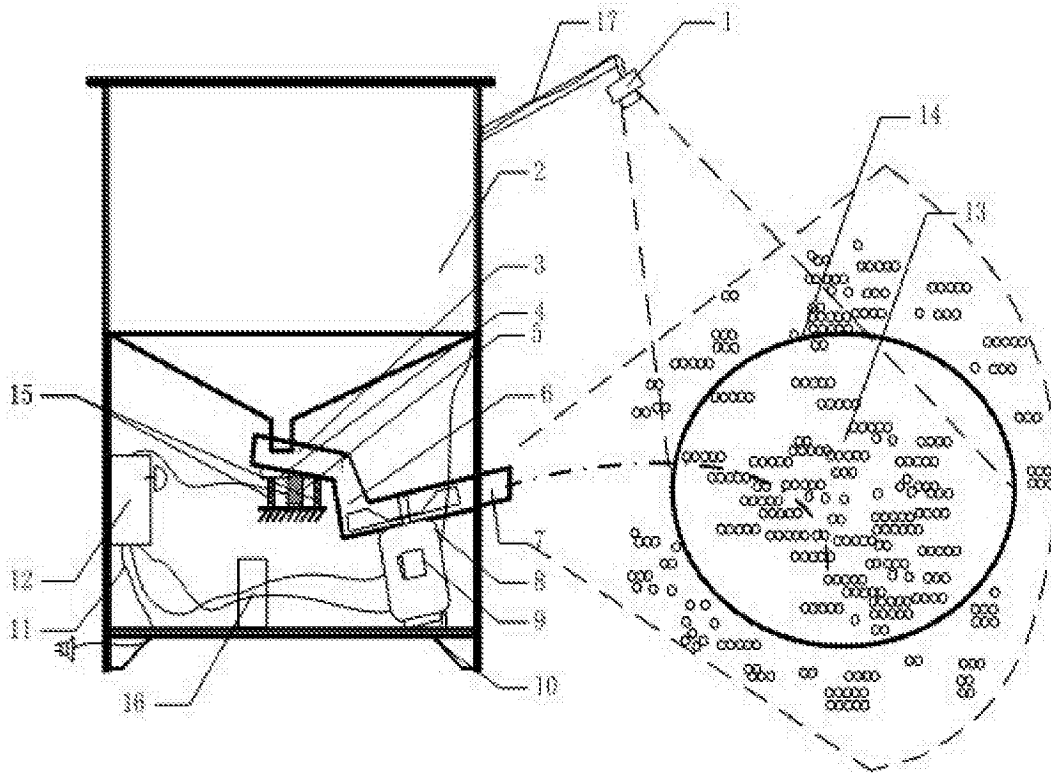


图1

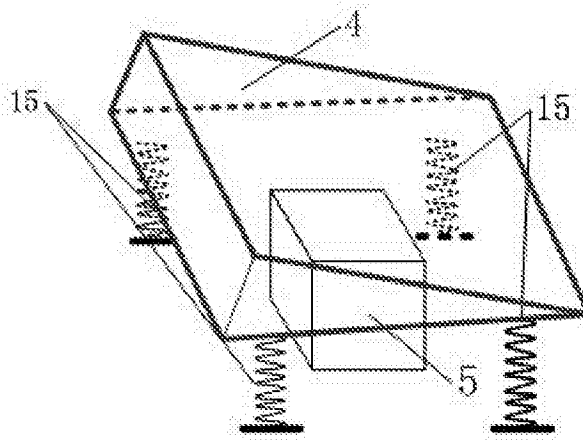


图2

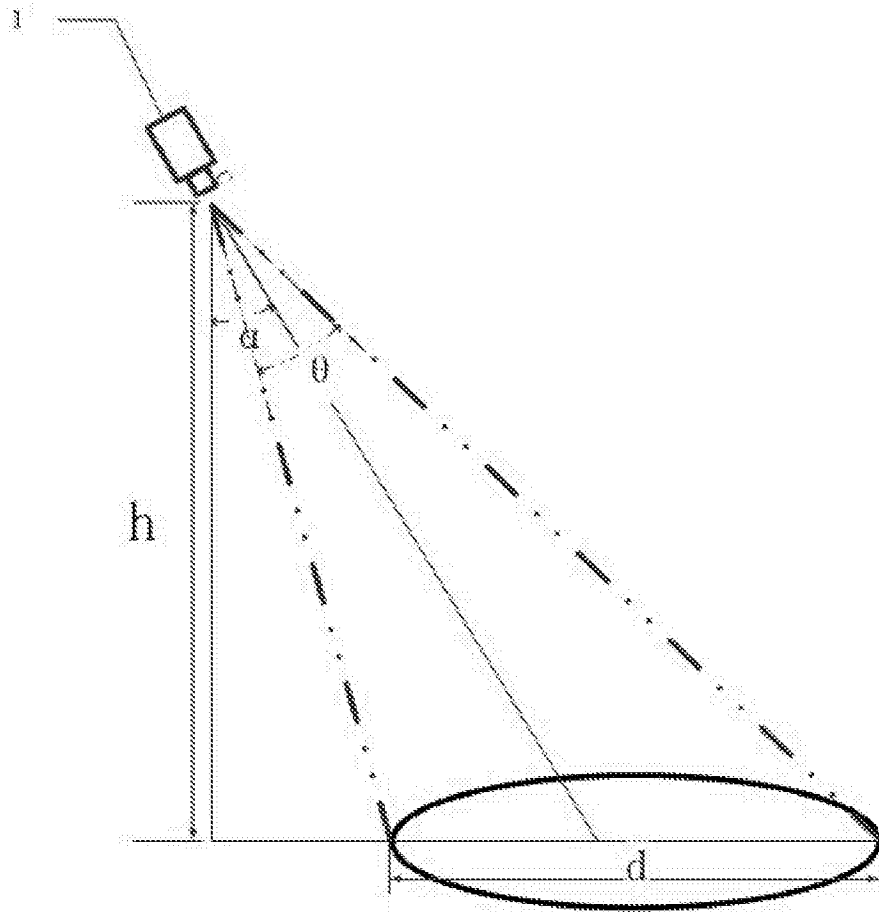


图3

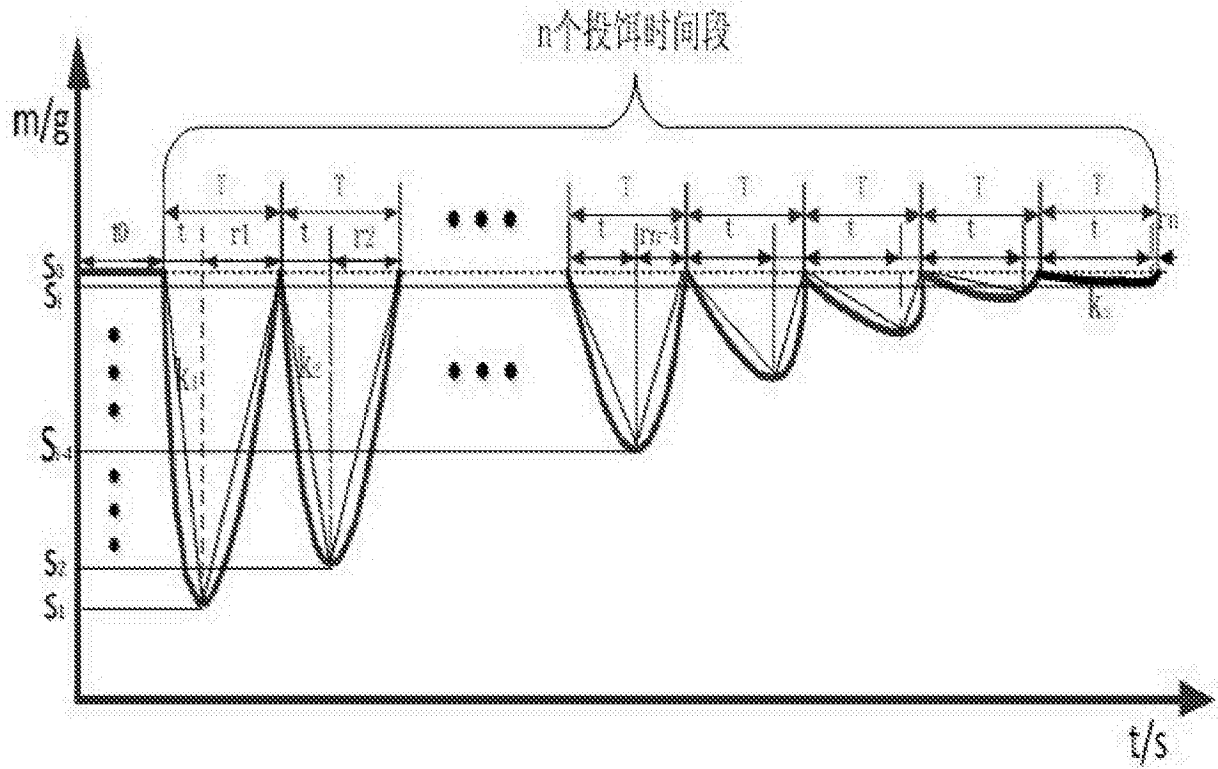


图4

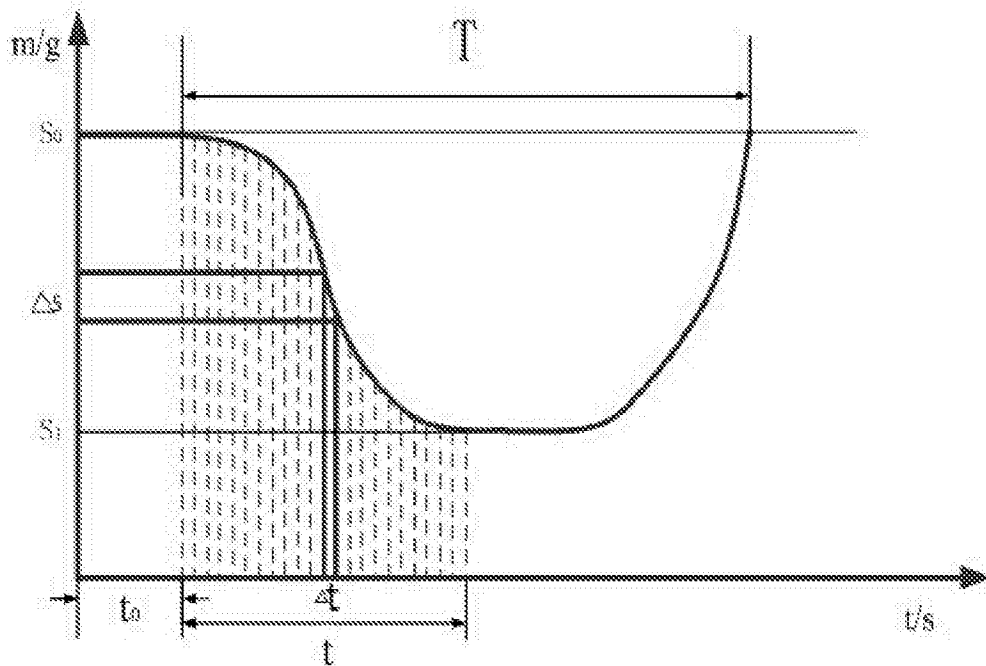


图5