

基于 ARMA 模型船摇预报的船用稳定平台 PID 控制算法研究*

张凯临, 李玉超

(中国海洋大学信息科学与工程学院, 山东 青岛 266100)

摘要: 传统船用稳定平台的 PID 控制器在闭环调节过程中存在固有的时滞, 这会导致稳定平台的稳定精度无法进一步提高, 针对此问题提出采用 ARMA 模型对船的姿态进行预测, 经过处理后得到下一时刻稳定平台将要产生的误差, 并将此误差作为输入施加到 PID 控制器中, 以实现事先调节, 最终达到提高稳定平台的稳定精度的目的。在 ARMA 模型中, 采用最小二乘法对模型的参数进行实时估计, 并提出使用预测值的均方误差最小的原则确定模型阶数和单次预测所使用样本数。试验结果表明, ARMA 模型的预测结果具有较高的准确度, 相对于传统 PID 控制器而言改进后的 PID 控制器一定程度上提高了船用稳定平台的稳定精度。

关键词: ARMA 模型; 船摇预报; 稳定平台; PID 控制器; 均方误差

中图分类号: TP273

文献标志码: A

文章编号: 1672-5174(2021)07-115-07

DOI: 10.16441/j.cnki.hdxh.20200342

引用格式: 张凯临, 李玉超. 基于 ARMA 模型船摇预报的船用稳定平台 PID 控制算法研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2021, 51(7): 115-121.

Zhang Kailin, Li Yuchao. A study on PID control algorithm of shipborne stabilized platform based on ARMA model ship rocking forecast[J]. Periodical of Ocean University of China, 2021, 51(7): 115-121.

稳定平台是一种能够隔离运动载体扰动, 使负载保持稳定姿态的装置, 它在军事、科研等领域都有广泛的应用。稳定平台的控制算法大多数采用 PID 控制算法, 它具有形式简单, 使用方便可靠等优点, 船用稳定平台对于稳定精度要求较高, 然而传统 PID 控制器在闭环调节中存在固有的时滞会制约稳定平台稳定精度的提升, 特别是在陀螺仪姿态数据报告频率较低的情况下, 时滞将十分突出, 严重影响稳定性能^[1]。在真实环境中稳定平台受到的干扰来自船的姿态变化, 而船的姿态又可以依靠历史数据通过算法来预测, 因此当姿态传感器周期性地报告船的姿态信息时, 通过预测可以得到稳定平台下一时刻受到的干扰。有学者提出利用 AR 预测模型对被控对象进行预测, 并将预测信息作为 PID 控制器的输入, 用来消除时滞对系统产生的不良影响^[2-3]。本文使用 ARMA 模型对船的姿态进行预测, 利用预测值的均方误差最小的原则确定模型阶数和单次预测所使用样本数, 然后以船用串联式稳定平台为实验装置, 通过运动模拟平台来创造一个相对真实的船摇运动环境, 在控制算法中将预测得到的干扰信息和当前的误差信息一起施加到 PID 控制器

中, 使 PID 控制器的调节过程提前一个时刻, 目的是从原理上减小时滞, 提高船用稳定平台的稳定精度。

1 船摇预报 ARMA 模型建模

在海上, 船的姿态受到风、浪等多种因素的影响, 基于时间序列分析的线性自回归移动平均 (ARMA) 模型预测方法认为船的姿态与过去的姿态存在某种联系, 而且基于船的运动是平稳的窄带随机过程的假设^[4-5]。ARMA 模型不依赖外界因素对船的干扰信息, 不需要建立精确的物理模型, 仅仅依靠船运动姿态的历史数据就可以完成单步或多步预测, 有效预报时间可达数秒^[6]。它是一种结合了自回归模型 (AR) 和移动平均模型 (MA) 的混合模型, 最初是为了解决有时需要高阶 AR 或者 MA 模型才能充分描述数据动态结构的问题, 基本思想是将两模型相结合使模型阶数保持很小, 这将有助于减小模型的计算量^[7]。

1.1 模型的定义

中心化 ARMA 模型的形式为

$$x_t = \sum_{i=1}^p \alpha_i x_{t-i} + \epsilon_t + \sum_{i=1}^q \beta_i \epsilon_{t-i} \quad (1)$$

* 基金项目: 国家重点研究发展计划项目 (2019YFC1408002) 资助

Supported by the National Key R&D Program of China (2019YFC1408002)

收稿日期: 2020-11-29; 修订日期: 2021-01-13

作者简介: 张凯临 (1974-), 男, 硕导, 高级工程师, 研究方向为海洋信息探测与处理、电子信息工程。E-mail: zhangkl@ouc.edu.cn

其中: $\{x_t\}$ 表示船的姿态时间序列数据; $\{\epsilon_t\}$ 为白噪声序列, 实验中为模拟船姿态的真实值与 ARMA 模型预测值之差, $\alpha_i (i = 1, 2, \dots, p)$ 和 $\beta_i (i = 1, 2, \dots, q)$ 为模型参数; p 为 AR 模型部分的阶数; q 为 MA 模型部分的阶数^[7-8]。通常 p 和 q 都应当选取大于等于 1 的整数, 但是若使 q 取 0, 则意味着去除 MA 模型部分的作用, ARMA 模型将变为纯 AR 模型, 也可看做 ARMA 模型的一种特殊形式。

1.2 模型的定阶与样本数的选择

对于给定的数量为 N 的样本, ARMA 模型确定阶数 p 和 q 的方法有残差平方和准则、AIC 准则、BIC 准则等。

残差平方和:

$$S(k, j) = \sum_{i=k+j+1}^N (x_i - \hat{x}_i)^2. \quad (2)$$

AIC 准则函数:

$$AIC(k, j) = N \ln \hat{\sigma}^2(k, j) + 2(k + j). \quad (3)$$

BIC 准则函数:

$$BIC(k, j) = N \ln \hat{\sigma}^2(k, j) + (k + j) \ln(N). \quad (4)$$

其中: 残差为真实值 x_i 与预测值 \hat{x}_i 之差; $\hat{\sigma}^2(k, j)$ 为阶数 $p=k, q=j$ 时的模型残差方差; N 为样本数; 令 k 和 j 的值分别从 1 和 0 开始逐步增加, 当残差平方和或者准则函数的值达到最小时 k 和 j 的值即为模型的最优阶数^[9-10]。然而, 由于实验中样本和误差序列选取的都是距离当前时刻最近的 N 个数据, 是以滑动窗口方式实时更新的, 所以最好能够针对船摇的运动过程寻找最优模型阶数, 那么上述三种方法就不再适用了。除了阶数 p 和 q 之外, 样本数 N 也是影响模型预测准确度的因素之一, 一般来讲, 样本数足够多才能保证预测值足够准确, 而实际上样本数 N 以及模型阶数 p 和 q 的增加都会导致计算量的大幅增加, 所以实际应用中要综合考虑准则函数、模型预测准确度和模型所处平台的运算性能。由于均方误差也可以来反映模型的预测准确度, 所以可以借助均方误差来确定模型阶数 p 和 q 以及样本数 N , 其表达式为:

$$MSE(k, j, n) = \frac{1}{M - n} \sum_{i=n+1}^M (x_i - \hat{x}_i)^2. \quad (5)$$

该方法需要使用大量的姿态测量数据, 其数量记为 M , M 的值应当远大于 N , 使该测量数据能够尽可能代表船摇运动过程。单次预测所使用样本和误差序列以滑动窗口的方式更新, 通过计算得到预测值 \hat{x}_i , 同理当表达式(5)的取值最小时, k, j 和 n 的值分别为 p, q, N 的最优取值。另外, 由于海上环境复杂多变必然会使样本和误差序列存在多样性, 这很可能造成选取不同的样本时所求模型最优阶数和 N 不固定, 所以实验中更注重的是 p, q 和 N 的取值尽量小的同时是否可以

满足模型预测准确度要求。

1.3 模型的参数估计

ARMA 模型的参数估计方法常用的有最小二乘法、矩估计法和极大似然估计法, 其中矩估计法由于没有充分利用样本信息, 所以估计精度一般不高, 极大似然估计法求解过程比较复杂, 相对而言最小二乘估计法的算法实现较为简单, 估计精度也较高, 故本实验采用的是最小二乘估计法^[11]。设有样本序列 $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$ 和误差序列 $\epsilon_0, \epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n$, 则 ARMA 模型的矩阵形式为:

$$Y = (X \quad E) \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} + \epsilon. \quad (6)$$

其中

$$Y = \begin{bmatrix} x_{p+q+1} \\ x_{p+q+2} \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} x_{p+q} & x_{p+q-1} & \cdots & x_{q+1} \\ x_{p+q+1} & x_{p+q} & \cdots & x_{q+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n-1} & x_{n-2} & \cdots & x_{n-p} \end{bmatrix},$$

$$E = \begin{bmatrix} \epsilon_{p+q} & \epsilon_{p+q-1} & \cdots & \epsilon_{p+1} \\ \epsilon_{p+q+1} & \epsilon_{p+q} & \cdots & \epsilon_{p+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \epsilon_{n-1} & \epsilon_{n-2} & \cdots & \epsilon_{n-q} \end{bmatrix}, \alpha = [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \cdots \quad \alpha_p]',$$

$$\beta = [\beta_1 \quad \beta_2 \quad \cdots \quad \beta_q]', \epsilon = [\epsilon_{p+q+1} \quad \epsilon_{p+q+2} \quad \cdots \quad \epsilon_n]',$$

$$\epsilon_i (i = p+q+1, p+q+2, \dots, n) \sim N(0, \sigma^2).$$

模型的残差平方和为:

$$S(p, q) = \sum_{i=p+q+1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2 = \sum_{i=p+q+1}^n (x_i - \sum_{r=1}^p \alpha_r x_{i-r} - \sum_{r=1}^q \beta_r \epsilon_{i-r})^2. \quad (7)$$

使 $S(p, q)$ 取最小值求 α 和 β 的过程, 即 α 和 β 的最小二乘估计法, 则所求参数为:

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = \left[\begin{pmatrix} X' \\ E' \end{pmatrix} (X \quad E) \right]^{-1} \begin{pmatrix} X' \\ E' \end{pmatrix} Y. \quad (8)$$

1.4 模型的预测

对于样本序列 $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$ 和误差序列 $\epsilon_0, \epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n$, 根据所求参数 α 和 β , 则下一时刻样本序列的预测值为

$$\hat{x}_{n+1} = \sum_{i=1}^p \alpha_i x_{n+1-i} + \sum_{i=1}^q \beta_i \epsilon_{n+1-i}. \quad (9)$$

2 基于 ARMA 模型的稳定平台 PID 控制器设计

基于 ARMA 模型的离散式 PID 控制器表达式为:

$$u(k) = K_p e(k) + K_i T \sum_{j=0}^k e(j) + K_d \frac{e(k) - e(k-1)}{T}. \quad (10)$$

其中: k 为样本序号; T 为样本间隔时间; $e(k)$ 为 k 时刻的偏差信号; K_p, K_i, K_d 分别为比例、积分、微分参数值^[12]。改进的稳定平台 PID 控制器的原理如图 1 所示。

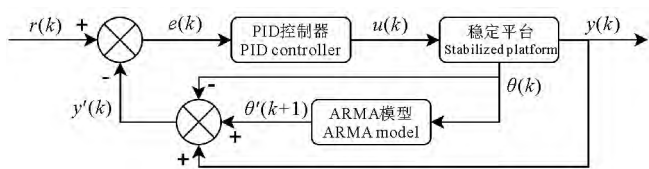


图 1 基于 ARMA 模型的 PID 控制器原理框图
Fig.1 The principle block diagram of PID controller based on ARMA model

稳定平台上安装了两个陀螺仪模块,一个用来测量稳定平台支架也是船的姿态信息,另一个用来测量稳定平台承载面的姿态信息同时也是负载的姿态信息。对于单个自由度,图中稳定平台承载面姿态角的期望值 $r(k)$ 为零, $e(k)$ 为 PID 控制器的误差输入, $u(k)$ 为控制量输出, $y(k)$ 为负载的倾斜角。该控制器在传统 PID 控制器的基础上增加了 ARMA 模型预测算法,其输入为船的倾斜角 $\theta(k)$,模型将记录此数据以便得到一定数量的历史数据,然后由该数据进行单步预测得到下一时刻倾斜角的预测值 $\theta'(k+1)$ 。再减去 $\theta(k)$ 得到船下一时刻将对负载造成的倾斜角变化,然后加上 $y(k)$ 得到下一时刻负载的预测倾斜角 $y'(k)$,最后再与设定的期望值 $r(k)$ 做差求出 $e(k)$,即 $e(k) = r(k) - [\theta'(k+1) - \theta(k) + y(k)]$ 。这样施加到 PID 控制器的输入实际上含有超前信息,通过参数调整可以使 PID 控制器的输出消除下一时刻将要产生的误差,在理想情况下能够实现控制对象的实际值 $y(k)$ 与期望值 $r(k)$ 时刻保持相等。

3 实验设计与结果分析

为了验证加入 ARMA 模型是否能够改善系统时滞并提高稳定平台的稳定精度,针对稳定平台的某一个自由度设计了两组对照试验,第一组实验没有 ARMA 模型的作用,PID 控制中的 $y'(k)$ 完全来自实测,即等于 $y(k)$,第二组有 ARMA 模型的参与, $y'(k)$ 等于 $\theta'(k+1) - \theta(k) + y(k)$,实验的原理框图如图 2 所示,图 3 为稳定平台实物。稳定平台固定在运动模拟平台上受到姿态干扰,陀螺仪报告姿态信息的频率为 10 Hz,即数据序列的时间间隔为 100 ms。在对照实验之前,首先需要通过分析数据来确定 ARMA 模型的阶数 p 和 q 以及样本数 N 。PID 控制器的性能一般可以通过阶跃响应曲线或者正弦干扰响应曲线来反映^[13],对照实验中先通过观察正弦干扰时的稳定误差曲线来调整 PID 的参数,并对时滞现象和 ARMA 模型的作用进行分析,最后通过模拟的船摇运动干扰实验来验证稳定平台的实际稳定效果。

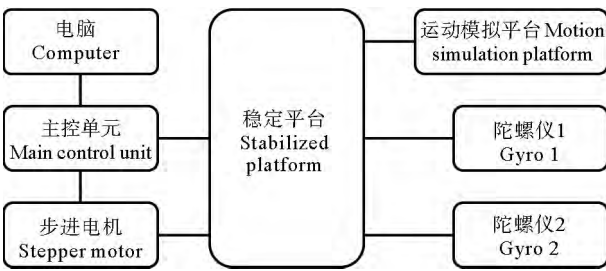


图 2 实验原理框图
Fig.2 Block diagram of experimental principle

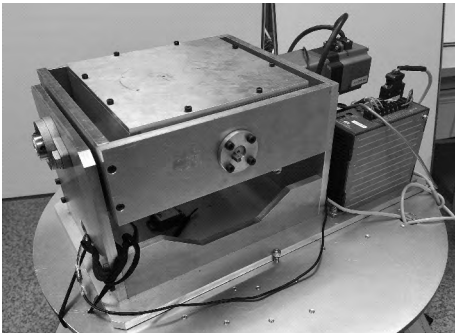


图 3 稳定平台实物图
Fig.3 Photo of stabilized platform

3.1 ARMA 模型阶数与样本数 N 的确定实验

模型预测的准确度是影响稳定平台稳定精度的关键因素,实验采集了 3 000 个模拟船摇运动时间序列姿态测量数据,通过计算机模拟稳定平台中的模型预测过程并进行数据分析。分析流程大概为,首先确定 N 的值,借助式(5)寻找出使均方误差最小的 p 和 q ,然后让 N 以 20 为一梯度增加,通过相同方法可得到所有的实验结果(见表 1)。容易看出当取值为 120 时均方误差出现了极小值,故而选择 ARMA 模型的 $p=4, q=2, N=120$ 。值得注意的是,随着样本数 N 的增加,均

表 1 ARMA 模型阶数与样本数 N 的确定实验结果

Table 1 The results of determining orders and sample number N of ARMA model

样本数 N (20~200) Sample number	阶数 $p(1\sim5)$ Order	阶数 $q(0\sim5)$ Order	均方误差 MSE Mean square error/(°)
20	3	0	12.5×10^{-4}
40	4	0	8.39×10^{-4}
60	4	0	8.04×10^{-4}
80	5	0	7.39×10^{-4}
100	4	0	7.15×10^{-4}
120	4	2	6.53×10^{-4}
140	4	2	6.72×10^{-4}
160	4	2	6.85×10^{-4}
180	4	2	6.65×10^{-4}
200	4	2	6.63×10^{-4}

方误差的趋势并非平稳下降,所以样本数 $N=120$ 时的均方误差很有可能为局部极小值,当然考虑到稳定平台的硬件性能有限,当模型的阶数和样本数 N 较大时如果单次预测的时间过长也会影响稳定平台的稳定精度,经过实验验证当前模型阶数和样本数 N 已经能够满足需求,所以不再寻找其它极小值点。

3.2 正弦干扰实验

若使运动模拟平台做正弦运动,稳定平台就会受到相应的正弦姿态干扰,其干扰曲线如图4所示。

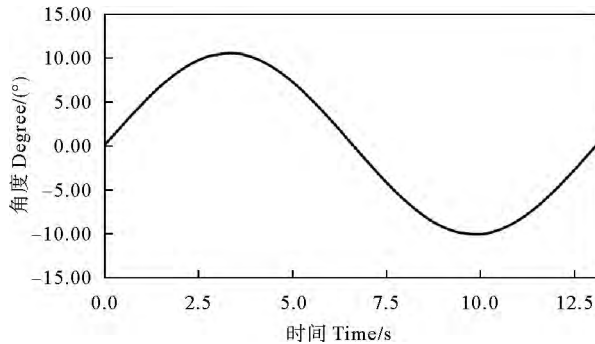
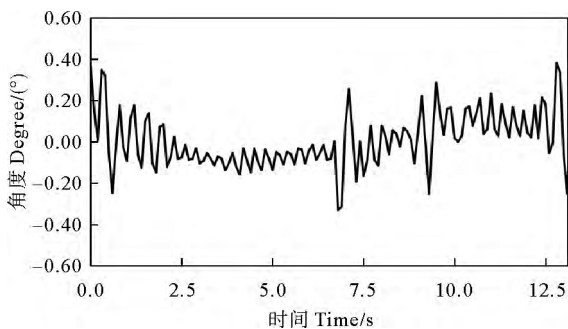


图4 正弦干扰曲线

Fig.4 Sinusoidal interference curve

当没有 ARMA 模型参与时,尝试将 PID 参数调整至最优得到图5所示的稳定误差曲线,此时的 $K_p = 7.00$, $K_i = 0.90$, $K_d = 2.50$ 。可以看出最大稳定误差在正负 0.3 左右且存在振荡现象,说明此时 PID 控制器有一定消除误差的能力,但是稳定平台仍然不够平稳,这是由于 PID 控制器闭环调节的本质所决定的,即总是在误差出现之后做出反应,通过调整 PID 参数已经很难优化系统。



($K_p = 7.00, K_i = 0.90, K_d = 2.50$)

图5 正弦干扰无 ARMA 参与时稳定平台的稳定误差曲线

Fig.5 Stability error curve of stabilized platform without ARMA participation when interference is sine

当 ARMA 参与 PID 控制器的调节过程时,取历史数据序列的大小为 120,阶数 $p = 4, q = 2$,利用 AR-

MA 模型对姿态干扰进行预测,得到图6所示的预测误差曲线,可以看出最大绝对值小于 0.04° ,若以陀螺仪的静态稳定度 0.05° 作为参考,说明预测误差已经很小,是完全可以接受的。尝试调整 PID 的参数至最优得到如图7所示的稳定误差曲线,此时 $K_p = 3.79$, $K_i = 0.01$, $K_d = 0.24$,可以看出稳定误差大幅度减小,表明该 PID 控制器能够很好地消除系统时滞,稳定平台的稳定精度也得到提升。此时去掉 ARMA 模型的预测过程而不改变 PID 控制器的参数,如图8所示

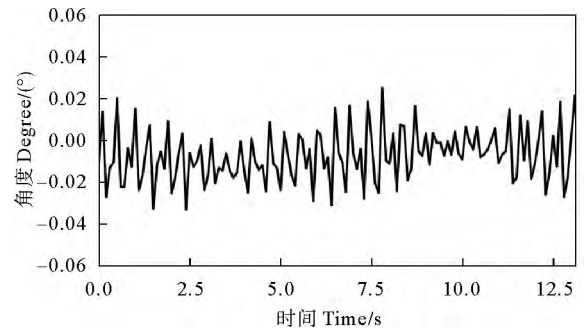
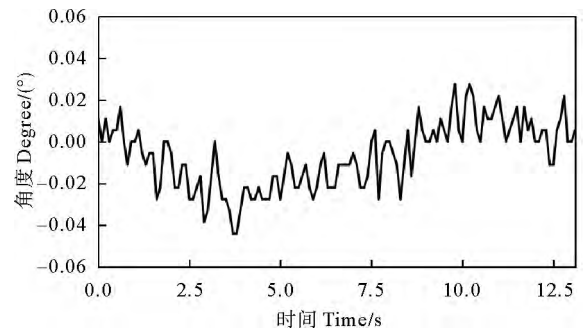


图6 正弦干扰时 ARMA 模型预测误差曲线

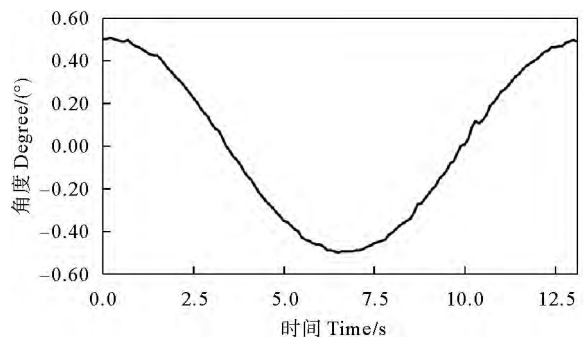
Fig.6 Prediction error curve of ARMA model when interference is sine



($K_p = 3.79, K_i = 0.01, K_d = 0.24$)

图7 正弦干扰 ARMA 参与时稳定平台的稳定误差曲线

Fig.7 Stability error curve of stabilized platform with ARMA participation when interference is sine



($K_p = 3.79, K_i = 0.01, K_d = 0.24$)

图8 正弦干扰无 ARMA 参与时稳定平台的稳定误差曲线

Fig.8 Stability error curve of stabilized platform without ARMA participation when interference is sine

稳定误差大幅度增加且呈现姿态干扰曲线的导数趋势变化,说明 PID 调节过程刚好延后了一个时刻,可见 ARMA 模型的作用十分明显。

3.3 船摇运动干扰实验

将姿态干扰换成如图 9 所示的模拟船摇运动,其它条件与正弦实验相同。使 ARMA 模型不参与 PID 控制,并认为正弦实验中调整好的 $K_p = 7.00$, $K_i = 0.90$, $K_d = 2.50$ 为当前系统的最优参数,稳定平台的稳定误差曲线如图 10 所示。

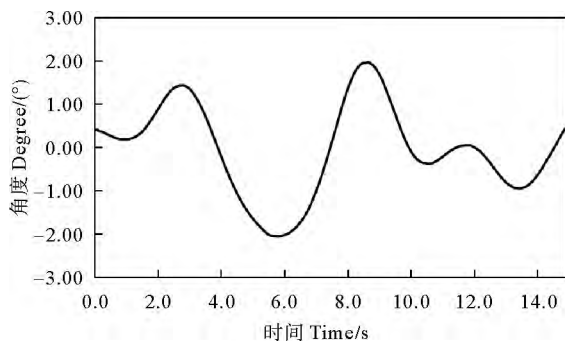
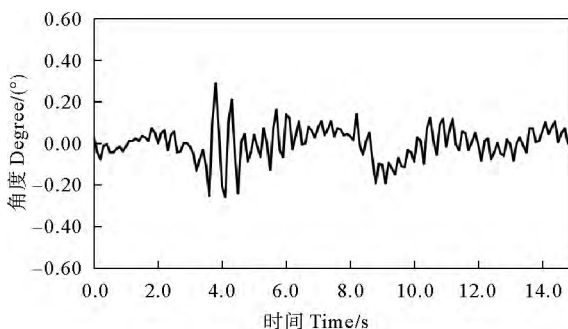


图 9 船摇运动干扰曲线

Fig.9 Interference curve of ship motion



($K_p = 7.00, K_i = 0.90, K_d = 2.50$)

图 10 船摇运动干扰无 ARMA 参与时稳定平台的稳定误差曲线

Fig.10 Stability error curve of stabilized platform without ARMA participation when interference is ship motion

当 ARMA 模型参与时,且 PID 参数 $K_p = 3.79$, $K_i = 0.01$, $K_d = 0.24$,姿态干扰的预测误差曲线如图 11 所示,并得到图 12 所示的稳定误差曲线。可见预测误差在正负 0.04° 之间,仍然是可接受的,当有 ARMA 模型参与时,稳定误差较图 10 相比整体水平大幅减小,这表明当干扰为船摇运动且系统存在较大的时滞时,ARMA 模型预测信息的加入仍然可以有效消除系统时滞,提高稳定平台的稳定精度。需要指出的是,一般来讲稳定平台的稳定能力都是有限的,而且当姿态干扰曲线变化较平缓时 ARMA 模型的预测才会较为准确,所以当运动干扰在可接受程度内,该控制算法才

更有意义。

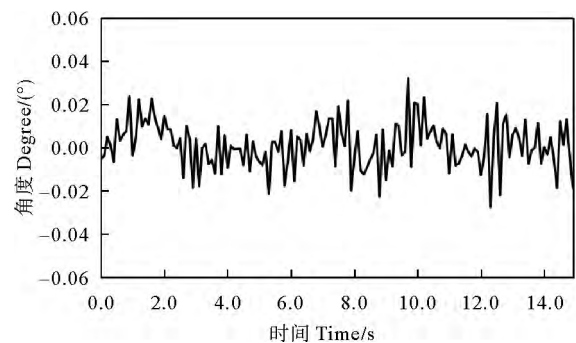
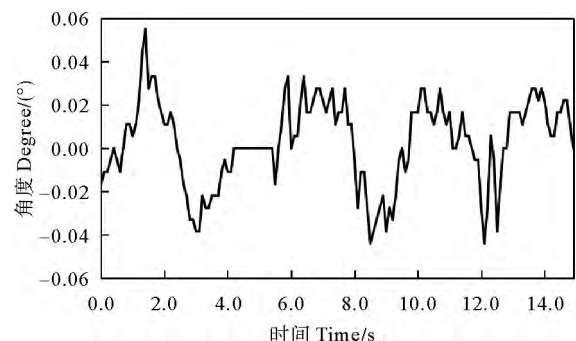


图 11 船摇运动干扰时 ARMA 模型预测误差曲线

Fig.11 Prediction error curve of ARMA model when interference is ship motion



($K_p = 3.79, K_i = 0.01, K_d = 0.24$)

图 12 船摇运动干扰 ARMA 参与时稳定平台的稳定误差曲线

Fig.12 Stability error curve of stabilized platform with ARMA participation when interference is ship motion

4 结论

传统稳定平台存在固有时滞问题,其 PID 控制器总是在误差产生之后才做出调节,特别是在陀螺仪姿态数据报告频率较低、实时性差的情况下滞后将尤为突出,严重影响稳定精度。根据船摇运动可预报的特点,对此提出将 ARMA 模型加入到 PID 控制器中,通过预测得到下一时刻将要产生的误差并施加到 PID 控制器中,实现了提前调节。通过分析实验结果,得出以下结论:

(1)使用最小二乘法估计 ARMA 模型的参数可以使船的姿态预报具有很高的准确度,而且计算量小,能够满足实时参数估计的需求,同时也说明利用预测值的均方误差最小的原则确定模型阶数和单次预测所使用样本数的方法是可靠的。

(2)当采用传统 PID 控制器时,系统时滞确实是制约稳定平台稳定精度提高的因素,无论姿态干扰是正弦运动还是船摇运动 ARMA 模型参与 PID 控制的作

用都十分明显,它能够很好地消除系统时滞,大幅提高稳定平台的稳定精度。

参考文献:

- [1] 郑欢. 船用六自由度稳定平台的控制研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018: 35-42.
Zheng H. Research on Control of Shipborne Six-Degree-of-Freedom Stabilized Platform[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2018: 35-42.
- [2] 王江荣. 基于 AR 预测模型的自适应 PID 控制算法[J]. 电气自动化, 2012, 34(3): 7-9.
Wang J R. AR prediction model based adaptive PID control algorithm[J]. Electrical Automation, 2012, 34(3): 7-9.
- [3] 文晖. 自回归 AR 模型在精馏塔精馏段温度 PID 控制中的应用[J]. 自动化与仪器仪表, 2015(8): 43-45.
Wen H. The application of autoregressive AR model in temperature PID control of distillation column[J]. Automation and Instrumentation, 2015(8): 43-45.
- [4] 戴正旭. 测量船姿态实时滤波及预报方法研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2019.
Dai Z X. Research on Real-Time Filtering and Prediction of the TT&C Ship's Attitude[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2019.
- [5] 武瑞花. 船舶横摇运动时间序列的分析、建模与预报研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2008: 23-32.
Wu R H. Ship Rolling Time Series Analysis, Modeling and Prediction[D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2008: 23-32.
- [6] 赵希人, 彭秀艳, 吕淑萍等. 具有艏前波观测的大型舰船姿态运动极短期预报[J]. 船舶力学, 2003(2): 39-44.
Zhao X R, Peng X Y, Lv X P, et al. Very short-term prediction of attitude motion of large-scale ships with forward wave view measurement[J]. Ship Mechanics, 2003(2): 39-44.
- [7] Tsay R S. 金融时间序列分析[M]. 3 版. 北京: 人民邮电出版社, 2012: 55-62.
Tsay R S. Analysis of Financial Time Series[M]. 3rd edition. Beijing: People's Post and Telecommunications Press, 2012: 55-62.
- [8] (美)恩德斯. 应用计量经济学: 时间序列分析[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 52-60.
Enders W. Applied Econometric Time Series[M]. 2nd edition. Beijing: Higher Education Press, 2006: 52-60.
- [9] 杨叔子, 吴雅, 轩建平, 等. 时间序列分析的工程应用(上册)[M]. 2 版. 武汉: 华中科技大学出版社, 2007: 258-263.
Yang S Z, Wu Y, Xuan J P, et al. Engineering Application of Time Series Analysis(First Volume)[M]. 2nd edition. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2007: 258-263.
- [10] 韩路跃, 杜行检. 基于 MATLAB 的时间序列建模与预测[J]. 计算机仿真, 2005(4): 105-107+182.
Han Y J, Du X J. Modeling and prediction of time series based on MATLAB[J]. Computer Simulation, 2005(4): 105-107+182.
- [11] 王燕. 应用时间序列分析[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2005: 74-79.
Wang Y. Time Series Analysis of Application[M]. Beijing: China Renmin University Press, 2005: 74-79.
- [12] 刘金琨. 先进 PID 控制 MATLAB 仿真[M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2004: 10-11.
Liu J K. Simulation MATLAB of Advanced PID Control[M]. 2nd edition. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004: 10-11.
- [13] 鲁延娟. 陀螺稳定平台滑模变结构控制技术研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2018: 17-21.
Lu Y J. Research on Sliding Mode Variable Structure Control for Gyro Stabilized Platform[D]. Changchun: Changchun University of Science and Technology, 2018: 17-21.

A Study on PID Control Algorithm of Shipborne Stabilized Platform Based on ARMA Model Ship Rocking Forecast

Zhang Kailin, Li Yuchao

(College of Information Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: The PID controller of the traditional shipborne stabilized platform has inherent time lag in the closed-loop adjustment process, which will lead to the stability accuracy of the stabilized platform can not be further improved. For this reason, the ARMA model is proposed to predict the attitude of ship. The error which emerges in next step on stabilized platform is available after processing, and then exert it on PID controller as input. It makes the prior adjustment come true and the purpose of improving the stability accuracy of the stabilized platform is achieved finally. And in the ARMA model, the least square method is used to estimate the parameters of the model in real time, and the principle of using the minimum mean square error of the predicted value is proposed to determine the model orders and the number of samples used in a single prediction. The experimental results show that the prediction results of the ARMA model have high accuracy, and the modified PID controller improves the stability accuracy of the shipborne stabilized platform compared with the traditional PID controller to some extent.

Key words: ARMA model; ship roll forecast; stabilized platform; PID controller; mean square error

责任编辑 高 蓓