

基于改进 BP 神经网络的食物分拣机器人视觉伺服控制方法

Visual servo control method of food sorting robot based on improved BP neural network

余晓兰¹ 万 云¹ 陈靖照²

YU Xiao-lan¹ WAN Yun¹ CHEN Jing-zhao²

(1. 重庆城市职业学院, 重庆 402160; 2. 郑州大学, 河南 郑州 450000)

(1. Chongqing City Vocational College, Chongqing 402160, China;

2. Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450000, China)

摘要:目的:解决目前食物分拣机器人的视觉伺服控制系统结构复杂、计算量大,无法满足分拣机器人对视觉伺服控制系统的灵活性和适应性的问题。方法:在机器人视觉伺服控制系统结构的基础上,提出一种将改进粒子群算法与 BP 神经网络相结合的食物分拣机器人视觉伺服控制方法。粒子群算法在迭代过程中使用交叉和变异来保持种群多样性,对 BP 神经网络的初始权值和阈值进行优化。结果:与常规控制方法相比,该控制方法可以在较短的时间内将食品生产线机器人带到预定位置,位置逼近的相对误差为 0.38%。结论:该控制方法在处理较复杂的任务时,具有较强的适应性,有一定的实用价值。

关键词:食品;分拣机器人;视觉伺服;BP 神经网络;粒子群优化算法

Abstract: Objective: To solve the problems of complex structure and large calculation amount of the visual servo control system of the current food sorting robot, which unable to meet the flexibility and adaptability of the sorting robot to the visual servo control system. **Methods:** Based on the structure of robot visual servo control system, a visual servo control method of food sorting robot based on improved particle swarm optimization algorithm and BP neural network was proposed. The particle swarm algorithm used crossover and mutation in the iterative process to maintain population diversity, the initial weight and threshold of BP neural network were optimized. **Results:** Compared with conventional control methods, the control method

could bring the food production line robot to the predetermined position in a short time, the relative error of position approximation was 0.38%. **Conclusion:** When dealing with more complicated tasks, with strong adaptability, it has certain practical value.

Keywords: food; sorting robot; visual servo; BP neural network; particle swarm optimization algorithm

在以分拣机器人应用为核心的食品生产线上,快速识别和定位作业对象是分拣机器人的重要技术之一^[1]。随着生产企业的不断发展和机器人技术的进步,对生产线的效率和机器人工作的复杂性要求越来越严格,机器人加装视觉传感器逐渐成为发展的主流^[2]。因此,研究食物分拣机器人的视觉伺服控制方法具有重要的现实意义。

滕游等^[3]提出了一种将内部点传输和图像反馈相结合用于视觉伺服预测控制,将视觉控制器设计问题转化为控制量和可视性约束问题,得到控制量的迭代解,并验证了该方法的有效性。陶波等^[4]从 3 个方面(目标函数、轨迹规划、控制器)对无标定视觉伺服控制系统进行了分析,针对轨迹规划可能存在的问题,从空间轨迹优化和避障方面探讨了现有的可行解决方案。李光等^[5]提出了一种基于残差 BP 神经网络的 6 自由度机器人视觉伺服控制方法,使用多个残差网络模块来加深 BP 神经网络的深度。结果表明残差模块的输入信息可以跨网络层发送,这就解决了网络模型随深度的增加易出现梯度消失的问题且能提高网络的性能。Li 等^[6]提出了一种混合视觉伺服系统,可同时控制非完整约束的底盘和机械手;基于移动机器人的运动微分方程,推导出了整个机器人的全局雅可比矩阵,结合位置信息和视觉图像信息推导出 HVS

基金项目:重庆市教委科学技术研究项目(编号:KJQN201803901)

作者简介:余晓兰(1981—),女,重庆城市职业学院副教授,硕士。
E-mail: xlyu1@126.com

收稿日期:2021-03-09

控制方程;引入了卡尔曼滤波器来校正机械手边缘的位置和方向,以避免观测位置误差;并验证了该方法的优越性。然而,上述研究的实时性较差,且受机器人运动模型的影响,实际使用中准确率不高,需进一步提高适应性。

基于此,文章拟提出一种基于改进粒子群算法(PSO)和 BP 神经网络的食物分拣机器人视觉伺服控制方法;粒子群算法在迭代过程中使用交叉和变异操作来保持种群多样性,对 BP 神经网络的初始权值和阈值进行优化,并通过仿真和实验验证该方法的有效性,旨在为机器人视觉伺服控制技术的研究提供一定的参考。

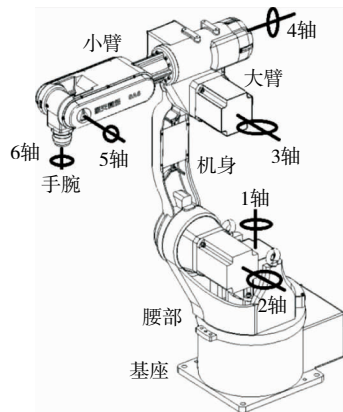
1 视觉伺服控制系统

1.1 机器人运动学模型

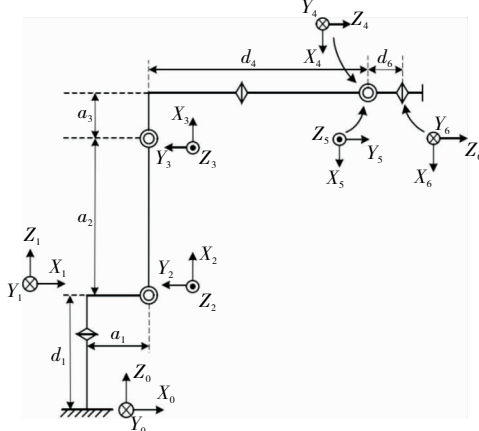
建立 SNRB6 型关节机器人的运动学模型,如图 1 所示为一个六轴机器人及其 D-H 坐标系。其中 1~3 轴控制位置,4~6 轴控制姿态。

从 D-H 坐标系和机器人结构出发,推导机器人的 D-H 参数。D-H 参数和关节参数见表 1。

根据变换关系,导出末端与坐标系的关系,即正运动



(a) 六轴机器人简图



(b) D-H坐标系

图 1 六轴机器人及其 D-H 坐标系

Figure 1 Six-axis industrial robot and its D-H coordinate system

表 1 机器人 D-H 参数

Table 1 Robot D-H parameters

关节	连杆夹角 $\theta_i / (^\circ)$	扭角 $\alpha_{i-1} / (^\circ)$	杆长 $a_{i-1} /$ mm	杆距 $d_i /$ mm	变量范围/ ($^\circ$)
1	0	0	0	450	-170~170
2	90	90	200	0	-180~9
3	0	0	614	0	-90~150
4	180	90	160	606	-180~180
5	0	90	0	0	-135~135
6	0	-90	0	113	-360~360

学,如式(1)所示^[7]。

$${}^0_6\mathbf{T} = {}^0_1\mathbf{T} {}^1_2\mathbf{T} {}^2_3\mathbf{T} {}^3_4\mathbf{T} {}^4_5\mathbf{T} {}^5_6\mathbf{T} = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

式中:

$[n, o, a]$ ——机器人的末端姿势;

$[p_x, p_y, p_z]^T$ ——机器人的末端位置。

逆运动学模型可由式(1)同时左乘 ${}^0_1\mathbf{T}^{-1}$ 、 ${}^1_2\mathbf{T}^{-1}$ 、 ${}^2_3\mathbf{T}^{-1}$ 、 ${}^3_4\mathbf{T}^{-1}$ 、 ${}^4_5\mathbf{T}^{-1}$ 和 ${}^5_6\mathbf{T}^{-1}$ 逆矩阵,可解得 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 、 θ_5 、 θ_6 ,计算如式(2)所示。

$$\begin{cases} \theta_1 = a \tan 2(d_2, \pm \sqrt{U_1^2 + U_2^2 - d_2^2}) + a \tan 2(U_2, U_1) \\ \theta_2 = a \tan 2(l, \pm \sqrt{A^2 + B^2 - l^2}) + a \tan 2(B, A) \\ \theta_3 = a \tan 2(k, \pm \sqrt{a_3^2 + d_4^2 - k^2}) - a \tan 2(a_3, d_4) \\ \theta_4 = a \tan 2[a_x s_1 - a_y c_1, a_z c_{23} - (a_x c_1 + a_y s_1) s_{23}] \\ \theta_5 = a \tan 2[-(a_x c_1 c_4 + a_y s_1 c_4) s_{23} + a_z c_4 c_{23} + s_1 s_4 - c_1 s_4, a_2 s_{23} + (a_x c_1 + a_y s_1) c_{23}] \\ \theta_6 = a \tan 2[o_z s_{23} + (o_x c_1 + o_y s_1) c_{23}, n_z s_{23} - (n_x c_1 + n_y s_1) c_{23}] \end{cases}, \quad (2)$$

式中:

$$c_i = \cos \theta_i;$$

$$s_i = \sin \theta_i;$$

$$s_{23} = \sin(\theta_2 + \theta_3);$$

$$c_{23} = \cos(\theta_2 + \theta_3);$$

$$U_1 = p_x - d_6 a_x;$$

$$U_2 = p_y - d_6 a_y;$$

$$A = (-d_6 + p_z - d_1);$$

$$B = d_6 (a_x c_1 + a_y s_1) - (p_x c_1 + p_y s_1 - a_1);$$

$$l = a_2 s_3 + d_4.$$

因此,可以计算末端与各关节的映射关系。

1.2 视觉伺服控制系统结构

采用摄像头安装在机器人的末端执行器上跟随机器人运动,采集图像信息提取特征后与期望图像特征进行

对比,将误差值转换为各关节的角度值^[8]。机器人向目标运动,直到特征误差为零。图 2 为基于图像的视觉伺服控制系统结构。

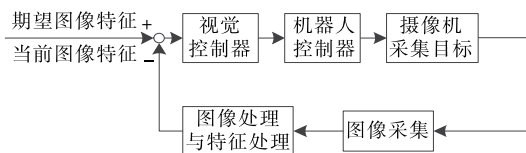


图 2 视觉伺服控制系统结构

Figure 2 Visual servo control system structure

1.3 视觉控制器

机器人运动到期望位置时,对应的关节角为期望关节角,记为 q_d ^[9]。此时,末端执行器所在位置即为期望的图像特征点,记为 ξ_d 。假设图像的特征点固定,目标处于固定状态,则目标在图像中的速度 $p_o'(t)=0$ 和加速度 $p_o''(t)=0$ 。运动控制器的目的是提高机械人的运行效率和精度,随着时间的推移使图像中特征点的误差值 $\xi=\xi_d-\xi(t)$ 逐渐减小到零。根据这一思想,运动学控制器的设计如式(3)所示。

$$u(t)=J^+[K_P\xi(t)+K_I\int\xi(t)dt], \quad (3)$$

式中:

K_P 、 K_I ——比例和积分系数矩阵,对称正定可调;

J^+ ——雅可比矩阵的伪逆矩阵。

2 视觉伺服控制算法

BP 神经网络在机器人视觉伺服控制方面被广泛应用,但存在收敛慢、过拟合、局部极值等问题^[10]。通过粒子群算法在迭代过程中进行交叉和变异保持种群多样性,对 BP 神经网络的初始权值和阈值进行优化。

2.1 BP 神经网络算法

BP 神经网络由两部分组成:前向和反向传播^[11]。通过实际值和期望值进行参数调整,使输出接近期望值,图 3 为网络拓扑图。

设置输入层 n 、隐藏层 l 、输出层 m 、输入层输入值 X_n 、输出层输出值 Y_m 、网络权重 ω_{ij} 和 ω_{jk} 等。网络是从自变量到因变量的非线性映射,大量样本用于训练,步骤为:

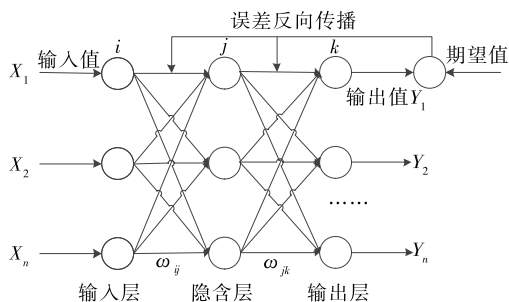


图 3 BP 网络拓扑

Figure 3 BP network topology

(1) 参数初始化:输入层节点数 n 、隐藏层节点数 l 、输出层节点数 m 、连接权值 ω_{ij} 和 ω_{jk} 、隐藏阈值 a 、输出层阈值 b 等相关参数。

(2) 隐含层 H_j 输出:按式(4)计算^[12]。

$$H_j = f\left(\sum_{i=1}^n \omega_{ij} x_i - a_j\right), j = 1, 2, \dots, l, \quad (4)$$

式中:

f ——该层的激活功能。

(3) 输出层输出 O_k :按式(5)计算^[13]。

$$O_k = \sum_{j=1}^l H_j \omega_{jk} - b_k, k = 1, 2, \dots, m. \quad (5)$$

(4) 误差计算:按式(6)计算。

$$e_k = Y_k - O_k, k = 1, 2, \dots, m, \quad (6)$$

式中:

O 、 Y ——实际输出和期望输出。

(5) 更新后的权值和阈值计算:按式(7)计算。

$$\begin{cases} \omega_{ij} = \omega_{ij} + \eta H_j (1 - H_j) x(i) \sum_{k=1}^m \omega_{ik} e_k, \\ i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, l \\ \omega_{jk} = \omega_{jk} + \eta H_j e_k, k = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, l, \\ a_j = a_j + \eta H_j (1 - H_j) \sum_{k=1}^m \omega_{jk} e_k, j = 1, 2, \dots, l \\ b_k = b_k + e_k, k = 1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (7)$$

式中:

η ——学习率。

(6) 对迭代终止条件进行判断。满足条件则结束,不满足返回步骤(2)。

2.2 改进粒子群优化算法

粒子群优化算法是一种用于解决多用途、多变量等问题的全局优化算法^[14]。通过粒子适应度表现优势,每个粒子的适应度取决于目标函数。随着粒子数量的增加,新粒子的位置由飞行速度 v 决定,大小由计算得到。

通过式(8)和式(9)进行速度和位置更新^[15]。

$$v_i^{k+1} = \omega v_i^k + c_1 r_1 (p_{\text{best},i} - x_i^k) + c_2 r_2 (g_{\text{best},i} - x_i^k), \quad (8)$$

$$x_{\text{id}}^{k+1} = x_{\text{id}}^k + v_{\text{id}}^{k+1}, \quad (9)$$

式中:

c_1 、 c_2 ——自学习和社会学习因子($c_1 = c_2 = 2$);

r_1 、 r_2 —— $[0,1]$ 之间的随机数;

x_{id}^k 、 v_{id}^k ——第 k 次迭代的位置和速度;

p_{best} ——个体最优解;

g_{best} ——全局最优解;

ω ——权重因子。

但是,粒子群优化算法在全局优化过程中会陷入局部极值。虽然在局部优化过程中不易陷入局部优化,但

会降低收敛速度^[16]。使用遗传算法来优化粒子群算法,粒子群算法在迭代过程中进行交叉和变异保持种群多样性,提高搜索能力。具体步骤为:

- (1) 初始化粒子群算法和遗传算法参数。
- (2) 计算适应度值,更新种群的个体极值 p_{best} 和全局极值 g_{best} 。
- (3) 对粒子的位置和速度进行更新,适应度值从小到大排序分为 3 个级别:适应度值较好的种群为 U_1 ,适应度一般的种群为 U_2 ,适应度状况较差的种群为 U_3 。
- (4) 粒子群算法的交叉操作。将 U_1 子群直接遗传到下一代,对 U_2 子群以交叉概率进行粒子交叉运算。通过比较交叉后父子粒子的适应度值,将适应性强的粒子遗传到下一次迭代^[17]。
- (5) 粒子群算法的变异操作。对子种群 U_3 进行变异操作,并将结果返回粒子群。
- (6) 重新计算 PSO 适应度值并更新 p_{best} 和 g_{best} 。
- (7) 判断是否满足终止条件,满足条件则结束,不满足返回步骤(3)。

将 GA-PSO 算法输出最优值作为 BP 神经网络的初始权值和阈值。图 4 为 GA-PSO 算法的流程。

2.3 改进 BP 神经网络算法

通过 GA-PSO 算法对 BP 神经网络的初始权重和阈值进行优化,达到最小化输出误差的目标。优化前,根据 BP 神经网络参数对粒子群进行编码,如果网络的输入层、隐藏层和输出层的节点数分别为 I 、 J 、 K ,则 BP 神经网络有 $D = (I+1)J + (J+1)K$ 个参数。该算法的具体步骤为:

- (1) 对 BP 神经网络进行参数初始化,包括输入层节

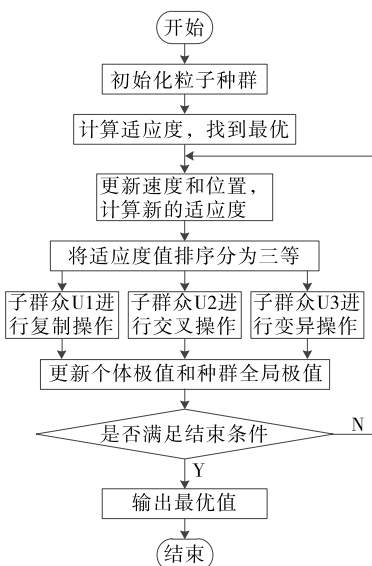


图 4 GA-PSO 算法流程

Figure 4 GA-PSO algorithm flow

点数、隐藏层节点数和输出层节点数等。

- (2) 对粒子种群进行初始化,根据 BP 神经网络参数对粒子群进行编码,每条编码信息代表一个个体。

- (3) 参数优化,通过 GA-PSO 算法迭代找到全局最优解即 BP 神经网络的最优参数。

- (4) 将全局最优解作为 BP 神经网络的初始权值和阈值进行训练,直到满足终止条件,输出最终结果。

图 5 为 GA-PSO-BP 神经网络算法的流程图。

3 结果与分析

3.1 参数

机器人型号为 SNRB6,摄像头型号为 In-Sight 5705,使用眼在手上方式,摄像头安装在机器人末端执行器上。仿真设备为联想 PC,操作系统为 Windows7 64 位旗舰,Intel i5 2450m CPU,2.5 GHz 频率,8 GB 内存,MATLAB r2018a 为仿真平台。

BP 神经网络参数:输入节点 8 个,输出节点 6 个,隐藏层 10 个,选择 Tansig 函数和 Purelin 函数作为传递函数。训练算法使用 LM 算法,其中最大迭代次数为 100、学习率 0.4、动量因子 0.8 和期望误差 10^{-6} 。

粒子群参数:惯性权重为 0.7,两个学习因子均为 2。

遗传算法参数:交叉和变异概率分别为 0.6,0.1。种群数均为 80,最大迭代次数为 100。

3.2 仿真分析

为了验证文中控制模型的优越性,将 GA-PSO-BP 神

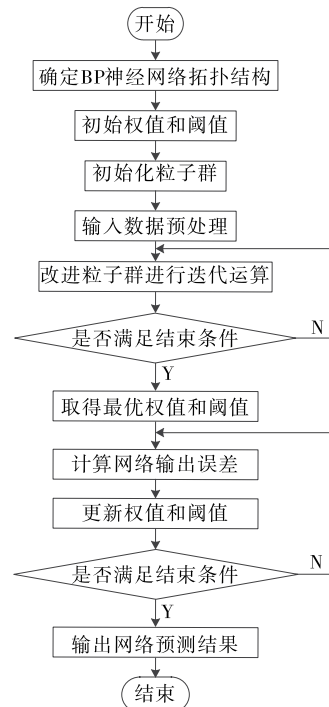


图 5 改进 BP 神经网络流程

Figure 5 Improve BP neural network flow

神经网络模型与改进前的 BP 神经网络模型进行对比分析, 结果见图 6。

由图 6 可知, PSO-GA-BP 神经网络模型收敛速度优于未改进前的 BP 神经网络模型, PSO-GA-BP 神经网络

模型在 80 次迭代后收敛到所需的输出精度 8.1763×10^{-6} , 而 BP 神经网络模型在 100 次迭代后未收敛到所需的输出精度。结果表明, PSO-GA-BP 神经网络与改进前的 BP 神经网络相比收敛速度提升较为明显。

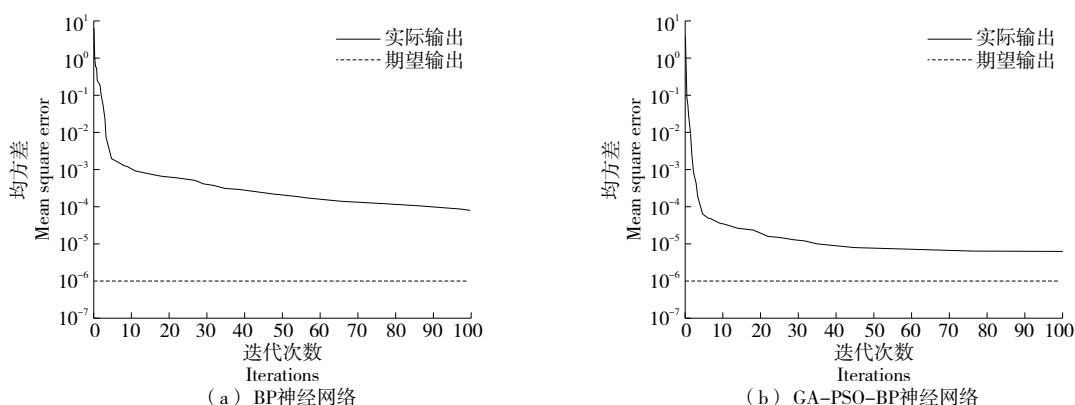


图 6 不同模型误差变化曲线对比

Figure 6 Comparison of error curves of different models

3.3 试验分析

对图像进行预处理、边缘检测、特征提取后, 选取目标物体上 4 个孔的中心点作为图像特征点 A 、 B 、 C 、 D 。在图像空间中对应的特征点为 A' 、 B' 、 C' 、 D' 。目标是控制分拣机器人的运动, 到达特征点坐标重合位置, 实际坐标与期望坐标构成一个 8 维特征向量, 神经网络控制器的 8 个输入。

(1) 期望的图像坐标

$$\begin{bmatrix} 32.7 & 85.6 & 32.5 & 85.2 \\ 90.9 & 91.3 & 28.2 & 29.1 \end{bmatrix}^T$$

(2) 初始关节角度

$$q_0 = [1.1594, 1.1165, 0.6819, -0.3872, -1.0338, -1.5024]^T$$

(3) 摄像机参数: 焦距 8 mm, 分辨率 8 万 Pixel/m, 目标成像深度 1.5 m, 图像中心点为 (338, 338), 控制器比例系数 $k_p = 1.5$, 采样时间 0.2 s。

通过试验对 GA-PSO-BP 神经网络和复合雅可比矩阵 J^+ 两种视觉伺服控制方法进行对比分析。复合雅可比矩阵表示图像特征空间与关节角度、移动平台位姿空间之间的映射关系^[18]。图 7 为不同伺服控制方法机器人各关节的运动轨迹。

由图 7 可知, PSO-GA-BP 神经网络控制优于传统的 J^+ 控制, 可以更好地逼近图像特征误差值与关节角度之间的非线性关系, 极大地提高了关节的跟踪能力, 从而实现对分拣机器人的高精度控制。

为了分析试验误差, 采用图像特征误差范数为指标进行分析, 得到的图像特征误差范数变化曲线如图 8 所示。

由图 8 可知, GA-PSO-BP 神经网络的视觉伺服控制

图像特征误差范数优于 J^+ 控制, 运动 20 s 时 GA-PSO-BP 神经网络控制特征误差范数为 4.762 0, J^+ 控制的特征误差范数为 30.128 7。结果表明, 基于 GA-PSO-BP 神经网络的视觉伺服控制方案大大简化了计算复杂度, 建

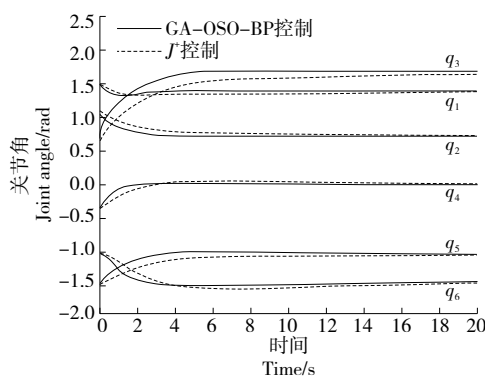


图 7 机器人关节轨迹

Figure 7 Robot joint trajectory

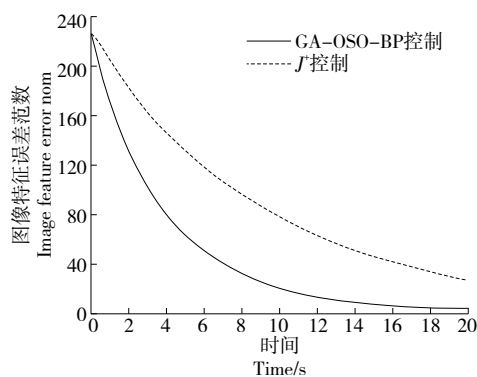


图 8 图像特征误差范数变化曲线

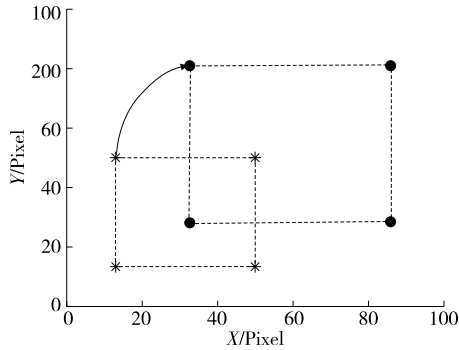
Figure 8 Image feature error norm change curve

立的图像特征与关节角的非线性关系也更为准确,说明 GA-PSO-BP 神经网络控制器具有训练精度高和收敛速度快等优点。

由图 9 可知,图像特征最终收敛位置的像素为:

$$\begin{bmatrix} 34.5 & 88.2 & 30.9 & 86.4 \\ 83.8 & 82.4 & 28.2 & 26.3 \end{bmatrix}^{\circ}$$

与期望位置相比,像素的平均绝对误差约为 2.1 Pixel,位置逼近的相对误差约为 0.38%,说明分拣机器人的末端执行器已到达所需位置,系统效率高,实用性能好,该方法可用于食品生产中。



星形为初始值,点为最终收敛值,箭头为变化方向

图 9 运动轨迹

Figure 9 Path of particle

4 结论

文中提出了将 BP 神经网络和改进粒子群优化算法相结合用于视觉伺服控制。结果表明,与传统控制方法相比,该方法可以较快地到达指定位置,且效率较高。考虑到目前的试验设备和数据规模,文中提出的分拣机器人视觉伺服控制方法还处于早期阶段,仅对控制方法进行了分析,未对图像处理过程进行研究,也未考虑障碍物和关节限制等问题。后期应不断完善分拣机器人相关功能,以适应未来不断变化的应用环境。

参考文献

- [1] 严培培. 面向非典型食品生产的高速机器人分拣系统设计[J]. 食品与机械, 2016, 32(2): 94-97.
YAN Pei-pai. Design of high speed robot sorting system for atypical food production[J]. Food & Machinery, 2016, 32(2): 94-97.
- [2] 胡国喜, 王超, 刘宇珩. 基于改进光滑滑模阻抗控制的水果分拣机械人夹持机构控制方法[J]. 食品与机械, 2021, 37(2): 123-126.
HU Guo-xi, WANG Chao, LIU Yu-heng. Control method of fruit sorting robot clamping mechanism based on improved smooth sliding mode impedance control[J]. Food & Machinery, 2021, 37(2): 123-126.
- [3] 滕游, 刘安东, 俞立. 采用内点法和图像反馈的机器人视觉伺

- 服预测控制[J]. 小型微型计算机系统, 2021, 42(1): 196-200.
- TENG You, LIU An-ton, YU Li. Predictive control of robot visual servo based on interior point method and image feedback[J]. Mini-computer System, 2021, 42(1): 196-200.
- [4] 陶波, 龚泽宇, 丁汉. 机器人无标定视觉伺服控制研究进展[J]. 力学学报, 2016, 48(4): 767-783.
- TAO Bo, GONG Ze-yu, DING Han. Research progress of uncalibrated visual servo control for robots[J]. Acta Mechanica Sinica, 2016, 48(4): 767-783.
- [5] 李光, 章晓峰, 杨加超, 等. 基于残差 BP 神经网络的 6 自由度机器人视觉标定[J]. 农业机械学报, 2021, 52(4): 366-374.
- LI Guang, ZHANG Xiao-feng, YANG Jia-chao, et al. Vision calibration of 6-DOF robot based on residual BP neural network[J]. Journal of Agricultural Machinery, 2021, 52(4): 366-374.
- [6] LI Wei, XIONG Rong. A hybrid visual servo control method for simultaneously controlling a nonholonomic mobile and a manipulator[J]. Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering, 2021, 22(2): 141-154.
- [7] 史亚贝. 基于 DSP 的三自由度采摘机械手控制系统研究[J]. 农机化研究, 2022, 12(2): 34-38.
- SHI Ya-bei. Research on control system of 3-DOF picking manipulator based on DSP[J]. Agricultural Mechanization Research, 2022, 12(2): 34-38.
- [8] 马伟革, 李文新, 孙晋川, 等. 基于粗一精立体匹配的双目视觉目标定位方法[J]. 计算机应用, 2020, 40(1): 227-232.
- MA Wei-ping, LI Wen-xin, SUN Jin-chuan, et al. Binocular vision target location method based on coarse fine stereo matching[J]. Computer Applications, 2020, 40(1): 227-232.
- [9] 宋海涛, 何文浩, 原魁. 一种基于 SIFT 特征的机器人环境感知双目立体视觉系统[J]. 控制与决策, 2019, 34(7): 1 545-1 552.
- SONG Hai-tao, HE Wen-hao, YUAN Kui. A robot environment perception binocular stereo vision system based on SIFT feature[J]. Control and Decision, 2019, 34(7): 1 545-1 552.
- [10] 罗久飞, 邱广, 张毅, 等. 基于自适应双阈值的 SURF 双目视觉匹配算法研究[J]. 仪器仪表学报, 2020, 41(3): 240-247.
- LUO Jiu-fei, QIU Guang, ZHANG Yi, et al. Research on surf binocular vision matching algorithm based on adaptive double threshold[J]. Journal of Instrumentation, 2020, 41(3): 240-247.
- [11] 张皓宇, 刘晓伟, 任川, 等. 并联机器人正运动学与 NURBS 轨迹规划[J]. 机械设计与制造, 2021, 12(4): 282-292.
- ZHANG Hao-yu, LIU Xiao-wei, REN Chuan, et al. Forward kinematics and NURBS trajectory planning of parallel robot[J]. Mechanical Design and Manufacturing, 2021, 12(4): 282-292.
- [12] 夏云峰, 宋新明, 贾志东, 等. 基于巡线机器人的输电线路状态检修技术研究现状与展望[J]. 高压电器, 2018, 54(7): 53-63.
- XIA Yun-feng, SONG Xin-ming, JIA Zhi-dong, et al. Research status and prospect of transmission line condition based maintenance technology based on line inspection robot[J]. High Voltage Apparatus, 2018, 54(7): 53-63.

(下转第 135 页)

3.3 事后追偿与政策性工具运用

在出现买方风险信号时,食品机械出口企业应当通过各种方法,尽量保存确认债权的证据,与保理商或银行密切合作,必要时配合其委托专业机构进行追讨。食品机械出口企业应积极利用政策性出口信用保险等政策性工具,在政策性出口信用保险项下,与银行合作进行出口保理操作,通过政策性出口信用保险机构对海外买家出现的信用风险造成的损失进行赔偿,减少企业的损失。

4 结语

中国食品机械产业日益壮大,相关企业对海外市场拓展需求日趋强烈。在走出去的过程中,需要通过诸如出口保理等金融业务的支持,便利企业融资,化解企业风险,保障企业资金链安全与提高企业应收账款周转率^[10]。但中国众多食品机械企业对于出口保理等业务操作尚不完全熟悉,对相应法律风险了解有限,需要进一步加强研究,积极作为,规避风险。

参考文献

- [1] 毕延梅. 跨境电商背景下食品灌装包装机械出口企业营销策略研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2020: 27.
- BI Yan-mei. Research on marketing strategy of food filling and packaging machinery export enterprises under the background of cross-border e-commerce[D]. Jinan: Shandong Normal University, 2020: 27.
- [2] 刘毅, 余荣斌, 王娜, 等. 我国食品机械产业发展策略研究[J]. 广东科技, 2013, 22(18): 157, 161.
- LIU Yi, YU Rong-bin, WANG Na, et al. Research on the development strategy of China's food machinery industry[J]. Guangdong Science and Technology, 2013, 22(18): 157, 161.
- [3] 陶应生, 钱奕庆. 包装与食品机械发展及相关问题阐述[J]. 食品界, 2016(12): 37.
- TAO Ying-sheng, QIAN Yi-qing. Development and related issues of packaging and food machinery[J]. Food Industry, 2016(12): 37.
- [4] 鲍静海, 贾电轩. 破解中小企业融资难: 基于保理业务的思考[J]. 金融理论与实践, 2007(2): 44-46.
- BAO Jing-hai, JIA Dian-xuan. Solve the financing difficulties of small and medium-sized enterprises: Consideration based on factoring business[J]. Financial Theory & Practice, 2007(2): 44-46.
- [5] 刘溪. 商业保理企业为中小企业融资的问题及对策[J]. 会计师, 2021(2): 34-35.
- LIU Xi. Financing problems and countermeasures of commercial factoring enterprises for small and medium-sized enterprises[J]. Accountant, 2021(2): 34-35.
- [6] 黄斌. 国际保理业务中应收账款债权让与的法律分析[J]. 清华大学学报(哲学社会科学版), 2006(2): 137-144.
- HUANG Bin. Legal Analysis of assignment of receivables' creditor's rights in international factoring[J]. Journal of Tsinghua University (Philosophy and Social Sciences), 2006(2): 137-144.
- [7] 张馨月. 国际保理业务中的法律风险及其防范[J]. 法制与社会, 2010(1): 271-272.
- ZHANG Xin-yue. Legal risk in international factoring and its prevention[J]. Law and Society, 2010(1): 271-272.
- [8] 赵星, 马育红. 商业银行保理业务法律风险研究[J]. 发展, 2020(Z1): 126-127.
- ZHAO Xing, MA Yu-hong. Research on legal risk of commercial bank factoring business[J]. Development, 2020(Z1): 126-127.
- [9] 谢宝仪. “一带一路”的价值与法律风险探讨[J]. 中阿科技论坛(中英文), 2020(11): 18-20.
- XIE Bao-yi. Discussion on the value and legal risk of "The Belt and Road"[J]. China-Arab States Science and Technology Forum, 2020(11): 18-20.
- [10] 罗婉丽. 企业应收账款保理业务的探讨[J]. 财政监督, 2015(5): 43-45.
- LUO Wan-li. Discussion on factoring business of enterprise receivables[J]. Financial Supervision, 2015(5): 43-45.
- [13] GAUTAM J V, PRAJAPATI H B, DABHI V K, et al. Empirical study of job scheduling algorithms in hadoop map reduce[J]. Cybernetics and Information Technologies, 2017, 21(1): 146-163.
- [14] 赵利平, 吴德刚. 基于小波与模糊相融合的水果分级算法[J]. 食品与机械, 2020, 36(4): 142-145.
- ZHAO Li-ping, WU De-gang. Apple grading algorithm based on Wavelet and fuzzy fusion[J]. Food & Machinery, 2020, 36(4): 142-145.
- [15] HU Jian-jiang, FICHTNER M, BARICCO M. Preparation of Li-Mg-N-H hydrogen storage materials for an auxiliary power unit[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2017, 42(27): 17 144-17 148.
- [16] AZUMAYA C M, DAYS E L, VINSON P N, et al. Screening for AMPA receptor auxiliary subunit specific modulators[J]. PLoS One, 2017, 12(3): 1 523-1 538.
- [17] 贺禹强, 刘故帅, 肖异瑶, 等. 基于改进 GA-PSO 混合算法的变电站选址优化[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(23): 143-150.
- HE Yu-qiang, LIU Gu-shai, XIAO Yi-yao, et al. Substation location optimization based on improved GA-PSO hybrid algorithm[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(23): 143-150.
- [18] 朱光耀. 基于无标定视觉伺服的全向移动机械臂跟踪控制[J]. 电子测量技术, 2020, 43(23): 23-29.
- ZHU Guang-yao. Tracking control of omnidirectional mobile manipulator based on uncalibrated visual servo[J]. Electronic Measurement Technology, 2020, 43(23): 23-29.

(上接第 131 页)