

# 机器人视觉伺服研究综述

方勇纯

(南开大学 信息技术科学学院, 天津 300071)

**摘 要:**首先对于3种机器人视觉伺服策略,即基于位置的视觉伺服、基于图像的视觉伺服以及2.5维视觉伺服进行了讨论。然后,对于视觉伺服的研究方向和面临的主要问题,如机器人位姿提取、视觉伺服系统的不确定性研究、图像空间的路径规划、智能视觉伺服等进行了分析和讨论。在此基础上,对于机器人视觉伺服领域的未来研究重点,包括如何使参考点位于视场之内、高速伺服策略以及鲁棒视觉伺服技术进行了分析和展望。

**关键词:**机器人;视觉伺服;轨迹规划;鲁棒性

**中图分类号:**TP24 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-4785(2008)02-0109-06

## A survey of robot visual servoing

FANG Yong-chun

(College of Information Technical Science, Nankai University, Tianjin 300071, China)

**Abstract:** In this survey of visual servoing in robotics three visual servoing strategies are discussed: position-based visual servoing, image-based visual servoing, and 2.5 D visual servoing. The main research directions and some challenging problems in the visual servoing field are discussed, including the extraction of position/pose information from images, uncertainties in visual servoing systems, path planning in an image space, and intelligent visual servoing. Additionally, possible future research areas are analyzed. Examples are the challenge of keeping reference points within camera images, fast servoing strategies, and robust visual servoing technologies.

**Key words:** robot; visual servoing; path planning; robustness

为了使机器人能够在不确定动态环境下工作,必须提高它的学习能力与智能化水平,使其在恶劣或者危险环境下完成自身定位、地图构建、自主搜索等任务。为此,必须为机器人本体装配各种传感器,使它们能够获取关于外部环境的有关信息。

视觉传感器由于具有成本低、信息丰富、算法简单、可靠性高等优点而被广泛应用于机器人控制系统,因此基于视觉的机器人控制——视觉伺服逐渐发展成为机器人领域最活跃的研究方向之一。所谓机器人视觉伺服,就是采用视觉传感器来间接检测机器人当前位姿或者其关于目标体的相对位姿,在此基础上,实现机器人的定位控制或者轨迹跟

踪<sup>[1-2]</sup>。这是一个集计算机、机器视觉、自动控制、机器人、实时系统分析等领域于一体的新兴交叉学科<sup>[3-4]</sup>。近年来,随着图像处理、模式识别等领域的快速发展,图像中蕴含的信息被更多地挖掘出来并得以应用,视觉伺服的精度和可靠性也日益提高,因此增强了机器人对周围环境的学习能力,使其能够根据对环境的了解来进行智能决策,并完成指定的任务。

### 1 机器人视觉伺服策略

根据反馈信息类型的差别,机器人视觉伺服一般分为基于位置的视觉伺服(三维视觉伺服)和基于图像的视觉伺服(二维视觉伺服)2种<sup>[5]</sup>。由于这2种伺服方法各自存在不同的缺陷,后来又提出了将两者相结合的2.5维视觉伺服方法。

#### 1.1 基于位置的视觉伺服

基于位置的视觉伺服基本结构如图1所示,它

收稿日期:2007-09-20。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60574027);天津市应用基础研究计划资助项目(07JCYBJC05400)。

通讯作者:方勇纯。E-mail: yfang @robot. nankai. edu. cn.

利用摄像机的参数来建立图像信号与机器人的位置/姿态信息之间的映射,然后在伺服过程中,借助于图像信号来提取机器人的位置/姿态信息,并将它们与给定位姿进行比较,形成闭环反馈控制<sup>[6]</sup>。显然,这种方法成功与否很大程度上取决于能否从图像信号中准确提取机器人的位置/姿态信息,而这又决定于摄像机参数的准确性以及图像信号中噪声的大小。此外,对于这种方法而言,由于图像信号独立于控制环节之外,因此在伺服过程中,无法保证机器人或者参考物体始终位于摄像机的视野之内<sup>[7]</sup>。

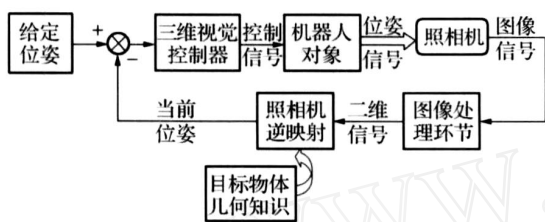


图1 基于位置的视觉伺服基本结构

Fig.1 Scheme of position-based visual servoing

## 1.2 基于图像的视觉伺服

与三维视觉伺服不同,基于图像的视觉伺服将实时测量得到的图像信号与给定图像信号直接进行在线比较,然后利用所获得的图像误差进行反馈来形成闭环控制<sup>[8-10]</sup>。基于图像的视觉伺服系统的结构如图2所示。

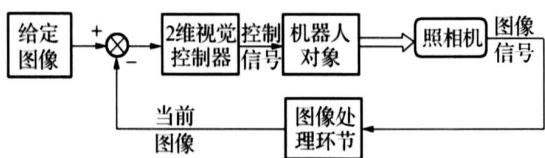


图2 基于图像的视觉伺服基本结构

Fig.2 Scheme of image-based visual servoing

基于图像的视觉伺服系统,伺服律通常选择为

$$T = J_s^+ (s - s^*)$$

式中: $T$ 是控制量, $J_s$ 是当前位姿的图像雅可比矩阵,而 $J_s^+$ 则是它的伪逆矩阵, $s$ 和 $s^*$ 则分别表示当前图像坐标和目标图像坐标。由于图像雅可比矩阵 $J_s$ 中包含有未知的深度信息,因此无法得到 $J_s$ 及其伪逆矩阵。为此,一般通过深度估计等方法来求解图像雅可比矩阵<sup>[11]</sup>,或者直接利用目标位姿的图像雅可比矩阵来近似代替时变矩阵 $J_s$ ,在这种近似处理下,上述方法只有在初始位姿位于目标位姿附近时,才能完成伺服任务。

基于图像的视觉伺服对于摄像机模型的偏差具有较强的鲁棒性,通常也能较好地保证机器人或者

参考物体位于摄像机的视野之内,但是在设计视觉伺服控制器时,这种方法又不可避免地遇到了图像雅可比矩阵 $J_s$ 的奇异性以及局部极小等问题<sup>[7]</sup>。

## 1.3 2.5 维视觉伺服策略

考虑到以上2种视觉伺服方法的局限性,法国机器人视觉控制专家F. Chaumette等人提出了2.5维视觉伺服<sup>[12]</sup>,其基本结构如图3所示。这种方法能成功地将图像信号与根据图像所提取的位置/姿态信号进行有机结合,并利用它们产生一种综合的误差信号进行反馈:

$$e = [e_t^T \quad e^T]^T$$

式中: $e_t$ 表示平移误差,它主要根据图像信号,并结合单应矩阵 $H$ 分解得到的深度比来定义:

$$e_t = [u - u^* \quad v - v^* \quad \log(r)]^T$$

式中: $(u, v)$ 和 $(u^*, v^*)$ 分别表示当前图像和目标图像坐标,而 $r$ 则是当前深度和目标深度之间的比值。转动误差 $e$ 定义为

$$e = p$$

式中: $p$ 表示单位转轴,而 $\theta$ 则是与之相对应的转角,两者都可以通过 $H$ 分解后得到的旋转矩阵计算出来。上述误差定义方法使平移控制基本上在二维图像坐标下完成,而姿态控制则需要利用三维信息来实现,因此这是一种将二维信息与三维信息有机结合的混合伺服方法,通常将其称为2.5维视觉伺服。日本机器人专家Deguchi也提出了类似的分解与伺服方法,不同的是,Deguchi分别采用三维信息和二维图像信息来实现平移和姿态控制<sup>[13]</sup>。

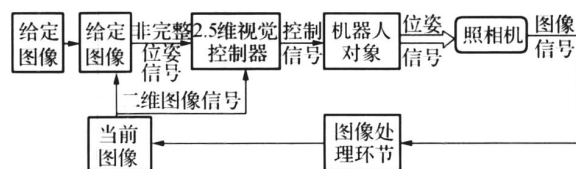


图3 2.5 维视觉伺服基本结构

Fig.3 Scheme of 2.5D visual servoing

2.5 维视觉伺服可以在一定程度上解决以上提到的鲁棒性、奇异性、局部极小等问题,因此它是非常富有前景的一种视觉伺服策略。遗憾的是,这种方法仍然无法确保在伺服过程中参考物体始终位于摄像机的视野之内,另外,在分解单应矩阵时,有时存在解不唯一的问题。

## 2 视觉伺服领域的主要研究方向

尽管近年来,视觉伺服得到了机器人以及自动控制领域专家的广泛关注,并在伺服策略和视觉伺服实际应用方面取得了较大的发展,但是现有的机

机器人视觉伺服策略没有综合考虑系统中的各种不确定因素,如摄像机内/外参数的标定误差、图像信号中的噪声等,致使所设计的系统精度和可靠性不高,对于环境因素的变化缺乏鲁棒性。

因此,如何有机地将各种先进控制方法应用于视觉伺服系统,解决系统中存在的图像偏离摄像机视野、图像误差、摄像机参数不确定性等问题,进一步提高视觉伺服系统的精度、效率和可靠性,是当前机器人视觉伺服的研究热点。

### 2.1 从图像中获取机器人位姿方法研究

视觉伺服要实现关于机器人位置和姿态的控制目标,为此,必须从图像中提取位姿信息来实现反馈控制。近年来,很多专家就如何从二维图像中尽可能准确地得到机器人位姿信息进行了研究,所采用的主要方法是特征点匹配和图像比较,即对当前图像和目标图像进行分析和对比,从中获得机器人位姿与目标值之间的偏差,具体算法包括单应矩阵计算和分解<sup>[14-15]</sup>、本质矩阵分解等<sup>[16-17]</sup>。另外,在视觉伺服过程中,当参考物体全部或者部分偏离于摄像机的视野之外,或者出现自遮挡(self-occlusion)等现象时,通常需要结合图像轨迹的特点来估计单应矩阵或者本质矩阵,在此基础上,计算得到摄像机的位姿信号<sup>[18]</sup>。

另一方面,为了从二维图像信号中提取机器人的位置/姿态信息,可以利用深度传感器,如激光等,来测量深度信号,并通过传感器之间的融合来获取位姿信息;或者是采用多个摄像机,通过立体视觉方法来获取三维信息<sup>[19]</sup>。这些方法具有较高的精度,但是会提高系统设计与分析的复杂度。基于这种原因,一些机器人领域的专家采用软测量的方法来在线估计深度信息。他们通过对视觉系统的动态特性进行详细分析,在此基础上,利用二维图像信号,并结合其动态特性以及其他有关信号来设计观测器,渐近估计伺服过程中的深度信息,并进而计算得到参考点的三维笛卡儿坐标以及机器人的位姿信息<sup>[20-23]</sup>。如 W. Dixon 和方勇纯等人采用李雅普诺夫方法构造了一种具有滑模结构的非线性观测器,这种观测器可以在线估计视觉系统中的深度信号,并实现三维直角坐标估计误差的渐近收敛<sup>[20]</sup>。而 Y. Chen 等人则通过将非线性视觉系统近似为一组线性时变系统,然后采用标准的线性观测器来估计得到深度信息<sup>[23]</sup>。

### 2.2 视觉伺服的鲁棒性和自适应性研究

视觉伺服是一个具有非线性特性的复杂过程,并且伺服过程中存在各种不确定因素,例如摄像机

参数的标定误差,机器人动、静态特性中的不确定因素,以及工作环境中地面平滑程度的差异等等。为了提高机器人伺服系统的精度和可靠性,机器人领域的许多学者对上述不确定因素进行了深入研究。他们将非线性控制理论应用于机器人视觉伺服系统,分别采用自适应控制和鲁棒控制等方法来提高机器人视觉伺服系统对于这些不确定因素的适应能力。

很多专家针对视觉伺服系统中摄像机内外参数的不确定性进行了深入研究<sup>[24-30]</sup>。其中,方勇纯等人采用李雅普诺夫方法设计了一系列视觉伺服策略,分别实现了机器手臂和直角坐标式机器人对于摄像机内外参数的鲁棒和自适应控制<sup>[26-28]</sup>。Y. Liu 等人设计了一种基于图像的动态视觉伺服策略,它可以通过自适应算法来在线估计未知的摄像机内/外参数,在图像信号畸变与存在噪声等情况下实现了位置误差的渐近收敛<sup>[29]</sup>。而文献[30]中, G. L. Mariottini 等人所设计的基于图像的视觉伺服算法对于摄像机的部分内参数,如摄像机焦距等具有较强的鲁棒性。

在视觉伺服过程中,机器人工作环境的地理特性以及地面的光滑程度等都会影响到伺服的精度,因此一些专家对此进行了研究<sup>[31-32]</sup>。例如, K. Iagnemma 等人设计了一种实时观测算法来估计地面的主要特性参数,并根据估计结果进行路径规划,寻找到合适的路径以使机器人顺利达到目标点<sup>[31]</sup>。

### 2.3 视觉伺服路径规划研究

为了提高伺服系统的效率,在保证参考物体位于摄像机视野的同时,应该尽可能地实现直线或者准直线伺服,使机器人快速准确地达到期望位置与姿态<sup>[33]</sup>。为了实现上述目标,很多视觉伺服系统预先在机器人起始位姿和目标位姿之间进行路径规划,并设计合适的控制器使机器人沿规划好的路径运动。为此,通常是将势场(potential field)和导航函数(navigation function)等方法应用于视觉伺服系统来规划图像平面的路径。例如, Y. Mezouar 等人应用势场方法在图像空间构造了一条路径,并利用二维视觉伺服使机器人跟踪这条路径<sup>[34-35]</sup>。此外,也可以利用几何方法,根据视觉图像的运动特点来规划伺服路径。例如, Hashimoto 等人在摄像机初始位置与目标位置之间规划了一条近似于圆周运动的轨迹<sup>[36]</sup>,以确保伺服过程中,参照物体始终位于摄像机的视野之内。

### 2.4 智能视觉伺服方法研究

为了处理视觉伺服系统中存在的各种不确定性,许多专家将各种智能算法,如神经网络、模糊控

制、遗传算法等,引入到视觉伺服系统中,通过智能视觉伺服来提高系统的可靠性。其中,基于神经网络的视觉伺服充分利用神经网络对于非线性映射的逼近能力,利用它来建立机器人空间与图像空间的对应关系<sup>[37]</sup>。这种方法无需对视觉模型等进行理论分析,但是通常需要对网络进行大量训练,并且其外推能力不强,因此,对于不同的工作环境,网络需要重新学习。基于模糊规则的伺服方法则根据人类视觉系统的经验来计算控制信号<sup>[38-39]</sup>。这种方法对于环境中的不确定性适应性强,但是伺服的精度一般不高,并且需要较长时间来总结伺服规则。

### 3 结论与展望

综述国内外的研究情况可以看出,视觉伺服是一项多学科交叉的新兴研究领域,其研究进展将促进机器人在SLAM(机器人同时定位与地图构建)、智能搜索等方面的研究,从而为提高机器人的智能化水平与工作能力,扩展其在家庭服务、反恐防暴等方面的进一步应用提供良好的技术积累。

作为当前智能机器人领域一个方兴未艾的关键研究方向,现在世界各国,如法国、日本、美国、意大利等发达国家都在大力进行视觉伺服方面的研究,并取得了较大的进展。但是,现有的各种视觉伺服方法,包括基于图像的视觉伺服、基于位置的视觉伺服以及2.5维视觉伺服,都存在奇异性、局部极小等不同的缺陷。此外,通常的视觉伺服系统实时性较差,并且其中的伺服算法都局限于解决问题的某一个方面,一般都只能适用于某些特定的理想条件,特别是当系统中存在各种不确定因素,包括外界光照条件变化、摄像机参数误差、机器人未知的运动特性、图像噪声等时,现有的视觉伺服系统很难获得满意的伺服性能。

为了将视觉伺服技术真正应用于机器人系统,必须提高视觉伺服系统的速度和精确度、鲁棒性、可靠性以及智能化程度,使其在具有各种不确定因素的复杂环境下能够可靠地工作。根据上述目标,视觉伺服将可能在以下几个方面进行重点研究:

1) 确保伺服过程中参考物体始终位于摄像机视野之内。对于现有的视觉伺服系统而言,当机器人的起始位姿与目标位姿相差较远时,在伺服过程中,参考物体经常偏离于摄像机视野之外,致使伺服失败。这种缺陷严重地阻碍了视觉伺服技术的进一步应用。为了解决上述问题以提高伺服系统的可靠性,一方面,可以采用图像平面路径规划方法,即在图像平面上构造一条目标路径,它由起始图像、目标图像以

及它们之间的一系列中间图像共同构成,这样可以将大范围的视觉伺服问题分解为若干个小范围的视觉伺服子任务,对每个子任务而言,其目标是控制机器人,使其到达轨迹上的相邻一幅图像;另一方面,也可以通过主动视觉等技术来解决特征点偏离视野的问题。例如,在伺服过程中,根据机器人的运动特性对下一时刻的图像进行预测,在此基础上,通过云台等来调整摄像机的方向,使参考物体尽可能位于像平面中心。

2) 高速伺服策略研究。视觉信息非常丰富,但是图像采集频率不高。此外,在伺服过程中,一般要通过特征点提取、匹配、分析、比较等方法来获取机器人的位姿以实现反馈控制。整个过程计算量很大,周期较长。上述原因导致常见的伺服系统实时性较差,难以满足动态目标跟踪等场合的需要。为了拓展视觉伺服领域的应用前景,必须开展高速视觉伺服策略研究。一方面,需要研究计算机视觉的有关算法,降低特征点提取和匹配等环节的复杂度,从图像中快速可靠地获取机器人位姿信息,同时在控制方法上应该通过图像特征预测等措施来降低信息反馈的时延;另一方面,可以充分利用其他辅助传感器,如移动机器人上广泛配置的光电码盘、声呐等,将视觉和其他传感信号互相融合来提高伺服的速度。

3) 鲁棒视觉伺服技术研究。为了使视觉伺服系统能够在复杂环境下工作,必须提高它对于各种不确定因素的鲁棒性。为此,需要从理论上分析系统中的各种不确定因素对伺服性能的影响,在此基础上,采用李雅普诺夫等方法来设计自适应、滑模切换等各种非线性反馈环节,或者采用神经网络等智能控制方法,使伺服系统能够适应自身以及环境因素的变化,使之在外界光照条件变化、摄像机参数突变、存在图像畸变和噪声等情况下,仍然能够获得满意的伺服性能。

### 参考文献:

- [1] CHAUMETTE F, HUTCHINSON S. Visual servo control part I: basic approaches[J]. IEEE Robotics & Automation Magazine, 2006(12): 82-90.
- [2] CHAUMETTE F, HUTCHINSON S. Visual servo control part II: advanced approaches[J]. IEEE Robotics & Automation Magazine, 2007(3): 109-118.
- [3] 王麟琨, 徐德, 谭民. 机器人视觉伺服研究进展[J]. 机器人, 2004, 26(3): 277-282.  
WANG Linkun, XU De, TAN Min. Survey of research on robotic visual servoing[J]. Robot, 2004, 26(3): 277-282.

- [4]赵清杰,连广宇,孙增圻. 机器人视觉伺服综述[J]. 控制与决策, 2001, 16(6):849-853.  
ZHAO Qingjie, LIAN Guangyu, SUN Zengqi. Survey of robot visual servoing[J]. Control and Decision, 2001, 16(6):849-853.
- [5]薛定宇,项龙江,司秉玉,等. 视觉伺服分类及其动态过程[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2003, 24(6):543-547.  
XUE Dingyu, XIANG Longjiang, SI Bingyu, et al. Classification of robotics visual servoing and its dynamics investigation[J]. Journal of Northeastern University (Natural Science), 2003, 24(6):543-547.
- [6]TAYLOR G, KLEEMAN L. Hybrid position based visual servoing with online calibration for a humanoid robot[C]// Proc of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Sandai, Japan, 2004: 686-691.
- [7]CHAUMETTE F. Potential problems of stability and convergence in image-based and position-based visual servoing[C]// The Conference of Vision and Control, Volume 237 of Lecture Notes in Control and Information Sciences. [S.l.]: Springer-Verlag, 1998.
- [8]CONTICELLI F, ALLOTTA B. Nonlinear controllability and stability analysis of adaptive image-based systems[J]. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 2001, 17(2): 208-214.
- [9]COWAN N J, WEINGARTEN J D, KODITACHEK D E. Visual servoing via navigation functions[J]. IEEE Trans on Automatic control, 2002, 18(4): 1-13.
- [10]MARCHAND E, COMPORT A, CHAUMETTE F. Improvements in robust 2D visual servoing[C]// Proc of the 2004 IEEE International Conference on Robotics & Automation. New Orleans, USA, 2004: 745-750.
- [11]CHAUMETTE F, BOUKIR S. Structure from controlled motion[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1996, 18(5): 492-504.
- [12]MALIS E, CHAUMETTE F, BODET S. 2 1/2 D visual servoing[J]. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 1999, 15(2): 238-250.
- [13]DEGUCHI K. Optimal motion control for image-based visual servoing by decoupling translation and rotation[C]// Proc of the Intl Conf on Intelligent Robots and Systems. [S.l.]: 1998: 705-711.
- [14]FANG Y, BEHAL A, DIXON W E, et al. Adaptive 2.5D visual servoing of kinematically redundant robot manipulators[C]// Proc of the IEEE Conference on Decision and Control. Las Vegas, USA, 2002: 2860-2865.
- [15]FANG Y, DIXON W E, DAWSON D M, et al. Homography-based visual servoing of mobile robots[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part B: Cybernetics, 2005, 35(5): 1041-1050.
- [16]HATLEY R. Multiple view geometry in computer vision[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- [17]WENG J, HUANG T, AHUJA N. Motion and structure from two perspective views: algorithms, error analysis, and error estimation[J]. IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1989, 11(5): 451-476.
- [18]CHESIL G, HASHIMOTO K. Camera pose estimation from less than eight points in visual servoing[C]// Proc of the 2004 IEEE International Conference on Robotics & Automation. New Orleans, USA, 2004: 733-738.
- [19]PARK J S, CHUNG M J. Path planning with uncalibrated stereo rig for image-based visual servoing under large pose discrepancy[J]. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 2003, 19(2): 250-258.
- [20]DIXON W E, FANG Y, DAWSON D M, FLYNN T J. Range identification for perspective vision systems[J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 2003, 48(12): 2232-2238.
- [21]KARAGIANNIS D, ASTOLFI A. A new solution to the problem of range identification in perspective vision systems[J]. IEEE Trans on Automatic Control, 2005, 50(12): 2074-2077.
- [22]AGUIAR A P, HESPANHA J P. Minimum energy state estimation for systems with perspective outputs[J]. IEEE Trans on Automatic Control, 2006, 51(2): 226-241.
- [23]MA L, CHEN Y, MOORE K L. Range identification for perspective dynamic systems using linear approximation[C]// Proc of the 2004 International Conference on Robotics & Automation. New Orleans, USA, 2004: 1658-1663.
- [24]PIEPMEIER J A, MCMURRAY G V, LIPKIN H. Uncalibrated dynamic visual servoing[J]. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 2004, 20(12): 143-147.
- [25]ZACHIA, LIU H, ORTEGA R, et al. Immersion and invariance adaptive visual servoing of manipulators with uncertain dynamics[C]// Proc of the American Control Conference. Boston, USA, 2004: 1510-1515.
- [26]FANG Y, DIXON W E, DAWSON D M, et al. Robust 2.5D visual servoing for robot manipulators[C]// Proc of the American Control Conference. Denver, USA, 2003: 3311-3316.
- [27]FANG Y, DIXON W E, DAWSON D M, et al. An exponential class of model-free visual servoing controllers in the presence of uncertain camera calibration[J]. In-

- ternational Journal of Robotics and Automation, 2006, 21(4): 247-255.
- [28] FANG Y, DIXON W E, DAWSON D M. Adaptive 2.5D visual servoing of cartesian robots[C]// Proc of the Eighth International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision. Kunming, China, 2004: 68-73.
- [29] LIU Y, WANG H, LAM K. Dynamic visual servoing of robots in uncalibrated environment[C]// Proc of the IEEE Conference on Robotics and Automation. Barcelona, Spain, 2005: 3142-3147.
- [30] MARIOTTINI GL, ORIOLO G, PRATTICCHIZZO D. Epipole-based visual servoing for nonholonomic mobile robots[C]// International Conference on Robotics and Automation. New Orleans, USA, 2004: 497-503.
- [31] IAGNEMMA K, KANG S, SHIBL Y H, et al. Online terrain parameter estimation for wheeled mobile robots with application to planetary rovers[J]. IEEE Trans on Robotics, 2004, 20(5): 921-927.
- [32] YE C, BORENSTEIN J. A novel filter for terrain mapping with laser rangefinders[J]. IEEE Trans on Robotics, 2004, 20(5): 913-921.
- [33] CHESI G, PRATTICCHIZZO D, VICINO A. Straight line path-planning in visual servoing[J]. Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, 2007, 129: 541-543.
- [34] MEZOUAR Y, CHAUMETTE F. Path planning for robust image-based control[J]. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 2002, 18(4): 534-549.
- [35] MEZOUAR Y, CHAUMETTE F. Path planning in image space for robust visual servoing[C]// Proc of International Conference on Robotics and Automation. Piscataway, USA, 2000: 2759-2764.
- [36] CHESI G, HASHIMOTO K, PRATTICCHIZZO D, et al. Keeping features in the field of view in eye-in-hand visual servoing: a switching approach[J]. IEEE Trans on Robotics, 2004, 20(5): 908-913.
- [37] 谢冬梅, 曲道奎, 徐 方. 基于神经网络的机器人视觉伺服控制[J]. 微计算机信息, 2006, 22(4): 4-6.  
XIE Dongmei, QU Daokui, XU Fang. Design of robotic visual servo control based on neural network[J]. Control and Automation, 2006, 22(4): 4-6.
- [38] 张玉洁, 徐 纲. 基于神经网络的视觉机器人模糊控制[J]. 深圳大学学报(理工版), 2004, 21(4): 301-305.  
ZHANG Yujie, XU Gang. Fuzzy control of visual robot based on neural network[J]. Journal of Shenzhen University, 2004, 21(4): 301-305.
- [39] 钟金明, 徐 刚, 张海波. 模糊逆运动学控制方法在机器人视觉伺服中的应用[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2005(7): 48-51.  
ZHONG Jinming, XU Gang, ZHANG Haibo. A fuzzy inference resolved motion rate control for a visual servo robot[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2005(7): 48-51.

#### 作者简介:



方勇纯, 男, 1973年生, 教授, 博士生导师, IEEE高级会员, 中国自动化学会智能自动化专业委员会委员, 主要研究方向为复杂系统非线性控制、机器人视觉控制等。发表论文60多篇, 其中40余篇被SCI或EI检索。

## 第四届拟人系统大会

### 2008 International Conference Humanized Systems

自涂序彦教授在国内首次发起“拟人系统”研究以来, 拟人系统科学受到广泛关注和深入研究。2005年召开了第一届拟人系统大会。经过几年的沉淀和积累, 第四届国际拟人系统大会将于2008年10月19-22日在北京召开。会议主题涉及很多领域, 包括人工生命、人工情感、复杂计算、脑科学、人工神经网络、自适应系统、非线性系统、智能Agent、认知科学等。期盼广大研究者从不同领域、不同学科、不同视角剖析拟人科学的奥秘和精华。希望人工智能学会的各位理事能够积极参与到“拟人系统”的研究中来, 踊跃投稿, 以文会友。论文将在2008年6月1日截稿, 会议文章ISTP检索, 部分优秀论文推荐EI检索杂志发表。

联系人: 杜军平(junpingdu@126.com), 郑金鑫(ichs08@gmail.com), 王大亮(greateking@gmail.com)。

会议网址: <http://caai.cn:8086/ichs08>。