

# 一种基于运动轮廓的目标跟踪方法

吕 维<sup>1</sup>, 冯 燕<sup>1</sup>, 李西凤<sup>2</sup>, 吕嘉凯<sup>1</sup>

(1. 西北工业大学电子信息学院, 陕西 西安 710072;

2. 西北工业大学机电学院, 陕西 西安 710072)

**摘要:**为了解决目标跟踪中出现的遮挡问题,提出了一种基于运动轮廓的目标跟踪方法。通过对当前帧前面两帧图像统计加权来获得背景,并通过网格化加速了目标检测效率,降低了运算次数;然后采用的背景差分法来提取运动轮廓,通过运动轮廓获取目标相关特征进行跟踪,并采用结合基于运动轮廓色度匹配及卡尔曼滤波预测的方法进行遮挡问题的判断和处理。仿真实验结果表明算法可以准确地跟踪目标,并能很好的处理跟踪时出现的遮挡及互遮挡问题。

**关键词:**运动轮廓;网格化;卡尔曼滤波预测;色度匹配

**中图分类号:**TP391 **文献标识码:**A

## A Method of Target Tracking Based on Motion Contour

LU Wei<sup>1</sup>, FENG Yan<sup>1</sup>, LI Xi-feng<sup>2</sup>, LU Jia-kai<sup>1</sup>

(1. School of Electronics and Information, Northwestern Polytechnical University, Xi'an Shanxi, 710072, China;

2. School of Mechatronic Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an Shanxi, 710072, China)

**ABSTRACT:** In order to solve the problem of sheltering, a novel algorithm of target tracking based on motion contour is presented in this paper. This algorithm takes the weighted mean value of the two frames before current one as the background, and uses the gridding process to enhance the target detection efficiency and reduce the operational complexity. Then, the motion contour is acquired by the background subtraction, it is used to acquire the correlative feature and carry through the process of tracking. In the progress of tracking, a method of combining motion contour's chroma with kalman-filtering estimation is used to judge and deal with the problem of occlusion. The simulation results indicate that this algorithm can be used in target tracking efficiently, and can solve effectively the sheltering and mutual sheltering problems emerging in the process of tracking.

**KEYWORDS:** Motion contour; Grid template; Kalman-filtering estimation; Chroma matching

### 1 引言

视频序列中运动目标跟踪具有广泛的应用前景,它在技术上涉及到计算机图像处理、视频图像处理、模式识别、以及人工智能等诸多领域,同时又处于整个视觉监控系统的最低层,是后继高级处理如目标分类、行为理解等的基础,因此具有很重要的研究意义。目标跟踪是很多基于机器视觉应用的关键技术,高效的跟踪算法要解决在跟踪目标的过程中遇到的各种困难,比如目标的遮挡。

为解决遮挡问题,国内外学者已进行了大量研究,提出了许多有效的方法,如:①基于目标特征匹配的算法<sup>[1-5]</sup>,其中特征可以是目标灰度图像、二值分割图像、边缘点(角点)。

广义的 Hough 变换解决遮挡问题,以目标的角点为特征点,在遮挡过程中以剩余的特征点表决目标的位置<sup>[6]</sup>。②多子模板匹配的方法,文献<sup>[7]</sup>以匹配误差判定子模板是否被遮挡,然后用灰度相关匹配继续跟踪目标;文献<sup>[8]</sup>基于最大后验概率原则以子模板的相关匹配来度量该模板属于哪个目标,解决多目标相互遮挡的问题。③基于动态贝叶斯网络模型来精确地对遮挡过程建模<sup>[9,10]</sup>。④基于颜色直方图的粒子滤波器可以解决部分遮挡问题<sup>[11]</sup>。⑤基于网格模型解决遮挡问题<sup>[12]</sup>。

以上方法在目标遮挡问题上都取得了一定的成果,其中的目标特征相关匹配是一种重要的运动目标跟踪方法。本文为解决目标跟踪中的遮挡问题,提出一种基于运动轮廓的目标跟踪方法,通过背景差分,对残差图像进行二值化获得运动轮廓。然后通过运动轮廓获取目标相关特征对目标进

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60772133)

收稿日期:2008-09-17 修回日期:2008-11-05

行跟踪,并采用结合目标运动轮廓色度特征匹配及卡尔曼滤波预测的方法对各种遮挡问题进行判断和处理。对于互遮挡的情况,根据卡尔曼滤波预测,对每个跟踪成功目标进行状态预测,判断目标是否会发生互遮挡,当判断互遮挡成立时结合运动轮廓色度匹配及卡尔曼滤波预测对其进行处理;对被遮挡的情况,当跟踪失败时,通过对目标预测区域色度特征及目标自身运动轮廓色度特征进行比较,确定被遮挡情况,然后根据卡尔曼滤波预测结果进行目标跟踪。实验结果表明,本文所采用的运动轮廓匹配方法可以准确地跟踪目标,并能很好的处理跟踪时出现的遮挡及互遮挡问题。

## 2 运动轮廓提取

为建立运动轮廓模型、简化背景更新,本文采用当前帧前面两帧的加权平均值作为背景,对目标区域和背景区域分别采用的自适应更新方法。主要思想在于,首先对图像进行网格化(可以把图像分成  $stepx * stepy$  大的块,这种网格化大小可根据不同的检测目标进行自适应选择),对于背景区域的每一个网格块,相邻三帧图像之间灰度的差值应该一致,对于每一个网格块的目标区域,相邻三帧图像之间的差值有较大的差距,统计相邻三帧图像网格块内的灰度差值,自适应的对背景加权的权值进行更新。这种自适应的方法可以有效地克服光照变化对提取运动点的影响。

背景自适应分块更新的公式如下:当前帧(第  $i$  帧)的像素点  $(j,i)$ ,属于第  $k$  个网格块时,则,

$$f_{bg}^i(j,i) = \alpha * \lambda_k * f^{i-1}(j,i) + (1 - \alpha * \lambda_k) * f^{i-2}(j,i) \tag{1}$$

其中,  $(j,i)$  代表像素的行和列编号,  $\alpha$  代表更新的权值(实验中一般取固定值),  $\lambda_k$  代表第  $k$  个网格块内的权重( $\lambda_k$  的值是根据相邻三帧网格块内灰度差值大小进行自适应更新,当网格块属于目标区域时  $\lambda_k$  值增大,反之减小),  $f^i(j,i)$  和  $f_{bg}^i(j,i)$  代表第  $i$  帧和第  $i$  帧的背景图像对应的块。

然后采用背景差分法检测运动目标并进行二值化。用实时更新的背景与当前图像做差分运算,并通过二值化可以准确的提取运动轮廓(如图1)。紧接着根据运动轮廓获得目标相关特征,并进行特征匹配,达到跟踪的目的。

## 3 相关特征获取

目标的相关特征参数获取是后续目标跟踪的重要依据,本文采用的目标相关特征参数主要包括:目标的外接矩形窗坐标、有效面积、运动轮廓的色度值等。通过对二值图像  $Error$  中的运动轮廓结果(其中可能包括噪声干扰)进行网格化处理(可以对目标与图像大小进行比较,自适应手动选择分块的大小  $blockx * blocky$ ,本文实验采用  $4 * 4$  分块),通过对二值图像每个网格中的像素不为0的点数进行统计,当超过一定阈值( $\delta = 0.15 * blockx * blocky$ )时,令此网格中所有像素为1,否则,令其为0(运动轮廓网格图像:  $mmap$ , 如图1(b))。紧接着对上面的分块处理图像  $mmap$  进行连通域检

测,并对每个目标区域进行编号(对于每个目标区域块数小于所有目标区域块数均值的15%者,示其为噪声干扰并将其消除,如图1(c))。

扫描连通域检测图像  $mmarea$ ,对每一个目标区域统计目标特征参数:目标外接矩形窗左上角及右下角坐标:  $(mminy, mminx), (mmaxy, mmaxx)$ 。有效面积:统计每个目标区域的有效块数  $msum$ 。运动轮廓色度:根据二值化图像中的运动轮廓与连通域检测进行匹配,对匹配成功的像素在当前帧的彩色图像相应位置统计其色度信息,并求其平均值  $Y$ 。具体过程如下:在连通与检测图像中,对每个编号的目标区域,比如:对编号为 ' $nn$ ',对二值化、运动轮廓网格图像、连通与检测图像,当满足:

$$Error(j,i) \neq 0 \&\& mmap(j,i) = 1 \&\& mmarea(j,i) = nn \tag{2}$$

在当前帧的彩色图像中对编号为 ' $nn$ ' 的目标,统计所有满足上式的运动轮廓上像素点的色度并求其均值:

$$Y = \frac{1}{Number_{nn}} * \sum \sqrt{r(j,i)^2 + g(j,i)^2 + b(j,i)^2} \tag{3}$$

其中  $Number_{nn}$  为编号 ' $nn$ ' 目标的运动轮廓上的有效像素点的总数。

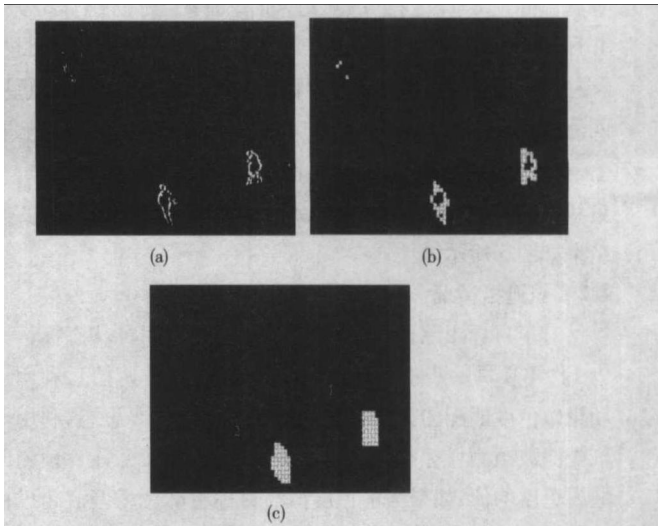


图1 (a)运动轮廓提取图像;(b)运动轮廓网格化图像;  
(c)连通域检测图像

## 4 运动轮廓对遮挡情况的处理

为提高目标跟踪的准确性,对所有的有效目标和新检测到的动态目标分别建立目标链表及动态目标链表,并根据相关特征参数——外接矩形窗坐标、有效面积进行目标链表及动态链表元素的匹配达到目标跟踪的目的,匹配成功后根据动态目标参数进行有效目标特征参数的更新。对于跟踪过程中出现的遮挡问题,结合运动轮廓与传统的卡尔曼滤波预测进行处理。

### 4.1 互遮挡情况

对于互遮挡情况,首先需要通过状态估计进行互遮挡预

测和判断。在每帧匹配结束时,通过卡尔曼滤波对目标相关特征进行状态估计<sup>[13]</sup>。在实际中,由于目标运动模型的不不断变化,很难得到一个精确的系统状态方程,然而目标在较短时间内的运动一般以某种近似恒定的规律进行,此时可以将目标的状态在该时间序列内看作为一时不变系统,因此只需获取此时系统的运动参数,便可对目标短时间内的后续运动状态进行预测。通过对目标状态预测结果进行分析,判断下一帧图像中是否会出现目标互遮挡的情况,判断公式如下:

$$kx = (W(nn) + W(mm))/2 - |centerx0(nn) - centerx0(mm)| \quad (4)$$

$$ky = (H(nn) + H(mm))/2 - |centery0(nn) - centery0(mm)| \quad (5)$$

其中,centerx0(nn),centery0(nn)表示编号为nn的目标根据卡尔曼滤波预测的中心位置,W(nn),H(nn)为目标外接矩形的长、宽。如果满足:

$$kx > 0.25 * (W(nn) + W(mm))/2 \quad (6)$$

或者

$$ky > 0.25 * (H(nn) + H(mm))/2 \quad (7)$$

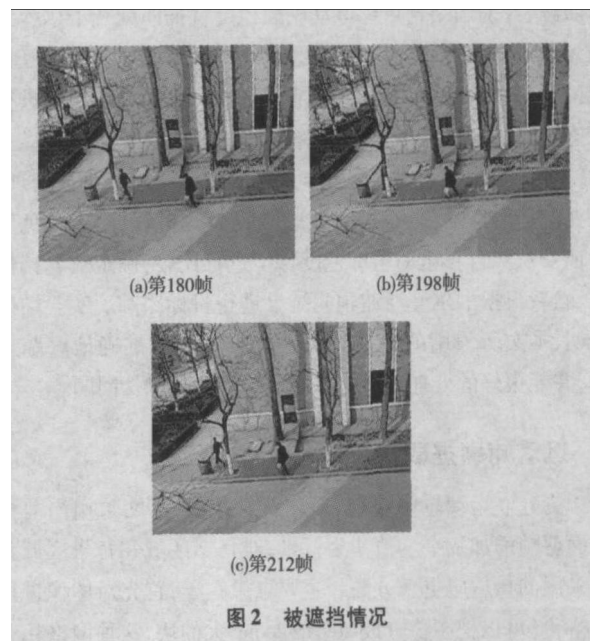
说明编号为nn和mm的目标即将发生互遮挡,并令目标状态标记为1。当下一帧到来时,如果目标状态标记为1并且匹配失败,则在动态链表中寻找能与其重叠的动态目标(寻找方式与判断互遮挡公式相同),并根据其运动轮廓色度匹配在此动态目标位置上通过对四个方向(左上,左下,右上,右下)色度统计寻找与此目标运动轮廓最接近的区域,并更新目标特征参数,最终可达到分离遮挡目标的目的。实验结果如图3所示。

#### 4.2 被遮挡情况

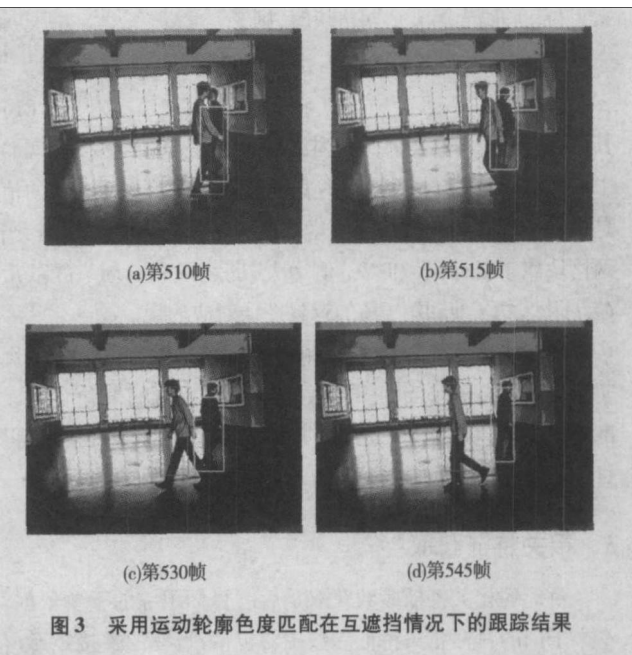
对于目标跟踪过程中匹配失败的目标(目标状态标记不为1),需要进一步检测其是否被背景遮挡(被遮挡),利用运动轮廓色度匹配的方法进行判断和处理。主要思想:利用卡尔曼滤波预测目标在当前彩色图像中的位置,并计算预测区域内色度均值,如果当前色度值与目标轮廓色度差值超过目标轮廓色度40%,那么说明此目标被背景遮挡;否则,表明目标漏检,并需要根据卡尔曼滤波预测目标特征并更新该目标参数。如果对目标链表所有目标匹配结束后,动态链表仍有数据,表明出现新目标,则需对目标链表进行添加。实验结果如图2,为目标被遮挡情况下采用运动轮廓色度匹配方法得到的跟踪结果,当目标‘2’运动到图2(b)时被树木遮挡,目标跟踪失败时,通过运动轮廓色度匹配,实验结果输出:“第198帧,目标‘2’,被遮挡。”。

#### 5 实验结果

本文采用结合基于运动轮廓色度的匹配及卡尔曼滤波预测的方法进行遮挡问题的判断和处理,较好的解决了跟踪中出现的互遮挡及被遮挡的。



在 Matlab 仿真软件上,读入 avi 格式的视频文件(25 帧/秒),完成该算法。为检测实验结果,实验主要分为以下两种场景:目标遮挡下的跟踪处理、目标互遮挡跟踪处理。实验中,采用目标外接矩形框的方式标识目标,并采用彩色框区分各目标编号(红色:目标编号为1;绿色:目标编号为2;蓝色:目标编号为3)。



实验结果采样如图2,3,4。在目标跟踪过程中,传统的卡尔曼滤波预测方法,对目标遮挡过程的处理有较大的盲目性:当目标被遮挡时,通过传统的卡尔曼滤波预测方法可以预测目标位置并进行跟踪,但是却难以区分目标遮挡情况与目标检测丢失的情况,这使得系统不能及时进行参数修正,影响了检测与跟踪的效果。对于互遮挡情况,依照卡尔曼滤波预测的方法,目标在互遮挡情况下如果依照原有的运动方

向运动,传统的卡尔曼滤波预测方法可以对遮挡目标进行分离;但是发生互遮挡的目标方向突然改变的情况,依照传统的卡尔曼滤波预测方法很难进行处理。图4为采用传统的卡尔曼滤波预测得出的实验结果。目标‘1’和‘2’发生互遮挡,并且在遮挡过程中目标的方向发生突然改变。采用传统卡尔曼滤波预测方法不能及时准确地跟踪目标,如图4(b), (c),传统的卡尔曼滤波预测没有及时地分离和准确地跟踪目标,造成了图4(d)图中目标的丢失和跟反。图3为采用本文提出的运动轮廓色度匹配方法得出的实验结果,可见这种方法可以在复杂的遮挡情况下,清楚地分离和跟踪目标,增强了目标跟踪的健壮性。

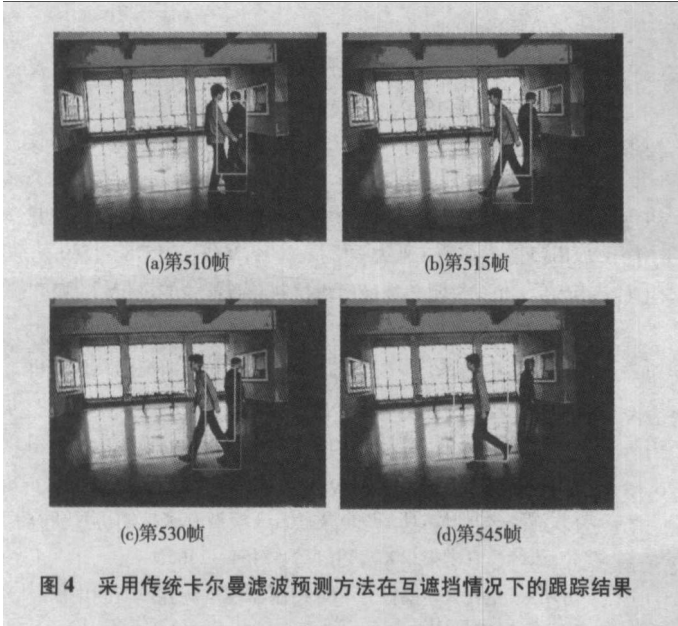


图4 采用传统卡尔曼滤波预测方法在互遮挡情况下的跟踪结果

区别于传统的基于像素点的背景更新、形态学滤波及连通域检测方法,本文采用基于网格化的处理方法,大大降低了运算次数。下面通过对背景更新过程中的运算次数进行分析(以4\*4的像素块为例),如表1。

表1 运算次数分析

对于4*4的像素块	基于像素点的背景更新	基于网格化背景更新
加法次数	1*16	16
乘法次数	2*16	2

以上数据可以看出本文采用的基于网格化的方法有效的降低了运算的复杂度。

6 总结

本文提出了一种运动轮廓思想,通过建立背景差分法获取运动轮廓,进行基于运动轮廓的目标跟踪。针对运动轮廓模型,该算法通过对当前帧前面两帧图像统计加权来获得背景,并通过网格化加速了目标检测效率,降低了运算次数,最后利用运动轮廓思想,结合目标形态、运动矢量及运动轮廓色度特征相匹配的方法进行目标跟踪,提高了跟踪效率及准确度,并对处理目标跟踪中出现的遮挡及互遮挡问题有着很

好的效果。

参考文献:

[1] L Marecenaro, M Ferrari, L Marchesotti. Multiple object tracking under heavy occlusions by using kalman filter based on shape matching[ C]. In: IEEE International Conference on Image Processing, Rochester, New York, USA, 2002. 341 – 344. .

[2] Pterfreund Natan Robust tracking of position and velocity with kalman snakes[ J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1999, 22 ( 5 ) : 564 – 569.

[3] B Galvin, B McCane, K Novins. Visual snakes for occlusion analysis[ C]. In: IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Fort Collins, Colorado, USA, 1999. 294 – 299.

[4] E Loutast, K Diamantarast, I Pitast. Occlusion resistant object tracking[ C]. In: IEEE International Conference on Image Processing, Thessaloniki, Greece, 2001. 65 – 68.

[5] Nguyen Hieu T WorringtonMarcel. Occlusion robust adaptive template tracking[ C]. In: Proceedings of Eighth IEEE International Conference on Computer Vision, Vancouver, Canada, 2001. 678 – 683.

[6] Oberti Franco, et al. Robust tracking of humans and vehicles in cluttered scenes with occlusions[ C]. In: IEEE International Conference on Image Processing, Rochester, New York, USA, 2002. 629 – 632.

[7] Ito Ken, Sakane Shigeyuki. Robust view2based visual tracking with detection of occlusions[ C]. In: IEEE International Conference on Robotics and Automation, Seoul, Korea, 2001. 1207 – 1213.

[8] Kamijo Shunsuke, Matsushita Yasuyuki, Ikeuchi Katsushi. Occlusion robust tracking utilizing spatio – temporal markov random field model[ C]. In: Proceedings of 15<sup>th</sup> International Conference on Pattern Recognition, Barcelona, Spain, 2000. 140 – 144.

[9] Wu Ying, Yu Ting, Hua Guang. Tracking appearances with occlusions[ C]. In: IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Madison, Wisconsin USA, 2003. 789 – 795.

[10] Hu Min, Hu Wei2ming, Tan Tie2niu. Tracking people through occlusion[ C]. In: Proceedings of 17th International Conference on Pattern Recognition, Cambridge, UK, 2004. 724 – 727.

[11] K Nummiaro, E Koller2Meier, GoolL Van. An adaptive color based particle filter[ J]. Image and Vision Computing, 2003, 21 ( 1 ) : 99 – 110.

[12] Altunbasak Yucel, A Tekalp. Murat. Occlusion – adaptive, content2 based mesh design and forward tracking[ J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1997, 6 ( 9 ) : 1270 – 1280.

[13] 遮挡情况下基于卡尔曼均值偏移的目标跟踪[ J]. 系统仿真学报, 2007 – 9, 19( 18 ) : 4216 – 4220.



#### [作者简介]

吕 维(1984-),女(汉族),陕西省西安市人,硕士研究生,主要研究领域为机器视觉,模式识别研究。

冯 燕(1963-),女(汉族),陕西省西安市人,教授,博士,主要研究方向为高光谱数据分析、数据压缩、模式识别和图像处理等。

李西凤(1984-),男(汉族),陕西省西安市人,硕士研究生,主要研究领域为航空宇航制造。

吕嘉凯(1983-),男(汉族),吉林省舒兰市人,硕士研究生,主要研究方向为图像压缩和图像去噪。

(上接第 132 页)

对系统响应曲线产生了影响,但随后就进入稳定自整定状态,通过比较可知,Fuzzy-PID 控制器能有效地抑制随机干扰,能及时的对参数进行在线调整,并以比常规 PID 控制器更小的误差和更快的速度重新进入稳态工作点。Fuzzy-PID 控制器在受到干扰时能很快地回到平稳状态,有良好的跟踪性能和满意的鲁棒性,它的抗干扰特性要优于常规 PID 控制。

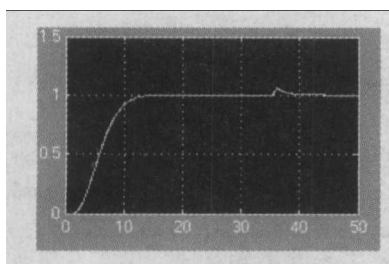


图 5 Fuzzy-PID 加干扰后系统响应曲线图

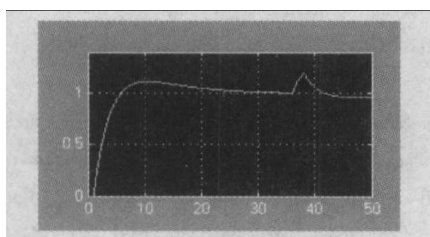


图 6 常规 PID 加干扰后系统响应曲线图

## 4 结论

Fuzzy-PID 控制器具有方法简便、调整灵活、实用性强等特点。仿真结果表明,Fuzzy-PID 控制器在线参数自整定能力强,对抑制干扰和噪声是有效的,能提高控制系统的静态和动态性能,具有较强的自适应能力和较好的鲁棒性。

#### 参考文献:

- [1] 石辛民,郝整清. 模糊控制及其 MATLAB 仿真[M]. 北京:清华大学出版社,北京交通大学出版社,2008.
- [2] 章卫国,杨向忠. 模糊控制理论与应用[M]. 西安:西北工业大学出版社,1998.
- [3] 苏玉鑫,郑春红,段宝岩. 一种改进的模糊 PD 控制器[J]. 控制与决策,2004,19(2):175-178.
- [4] 李萍,等. 模糊自整定 PID 控制器的设计和仿真[J]. 仪器仪表学报,2004,(4):265-267.
- [5] 吴振顺,姚建均,岳东海. 模糊自整定 PID 控制器的设计及其应用[J]. 哈尔滨工业大学学报,2004,36(11):1578-1580.
- [6] 李士勇. 模糊控制·神经网络控制和智能控制论[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业出版社,1998.
- [7] 赵鑫,等. 时滞系统模糊整定 PID 控制的仿真研究[J]. 计算机仿真,2006,23(11):211-214.
- [8] 刘红军,等. 灰色预测模糊 PID 控制在汽温控制系统中的应用[J]. 系统仿真学报,2004,16(8):1839-1841.
- [9] 胥芳,等. 基于 MATLAB 的温室温度模糊专家控制仿真研究[J]. 系统仿真学报,2007,19(11):2464-2466.
- [10] 赵瑞军,王先来. 模糊-PID 控制器在空调温度控制中的应用[J]. 计算机仿真,2006,23(11):311-313.

#### [作者简介]

屈 毅(1974-),男(汉族),陕西咸阳人,硕士研究生,研究方向:模糊控制和智能控制。

宁 铎(1955-),男(汉族),陕西咸阳人,教授,硕士生导师,研究方向:智能仪器、太阳能和光电技术。

刘飞航(1979-),男(汉族),陕西礼泉县人,硕士研究生,研究方向为电力电子。

郭飞飞(1984-),男(汉族),陕西定边县人,硕士研究生,研究方向为电力电子。