

遮挡情况下目标跟踪算法综述

薛 陈^{1,2}, 朱 明¹, 刘春香³

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039;

3. 长春理工大学 电子信息工程学院, 吉林 长春 130022)

摘要: 目标跟踪过程中出现的遮挡问题一直是目标跟踪中的难点。如何有效处理遮挡, 尤其是严重遮挡和全部遮挡是评价目标跟踪算法鲁棒性的关键指标。本文对国内外现有的遮挡情况下的目标跟踪算法进行了总结和分类, 分别介绍了基于中心加权、子块匹配、轨迹预测、贝叶斯理论的多种遮挡目标跟踪算法, 特别描述了综合多种算法优势的多算法融合跟踪算法。阐述了各种算法的基本思想及其遮挡处理功能, 分析了各种算法的优缺点, 并指出了它们的适用场合。文章最后提出了遮挡情况下目标跟踪算法存在的问题, 特别指出将多传感器融合技术用于有遮挡的目标跟踪是该项技术的发展方向之一。

关键词: 遮挡跟踪; 中心加权; 子块匹配; 轨迹预测; 贝叶斯理论; 多算法融合

中图分类号: TP301.6; TP391 文献标识码: A

Review of tracking algorithms under occlusions

XUE Chen^{1,2}, ZHU Ming¹, LIU Chun-xiang³

(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;*

2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;*

3. *School of Electronic and Information Engineering, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China)*

Abstract: The occlusions occurred in the target tracking is one of the difficulties in image processing, which has become a crucial factor of the robustness of tracking algorithm to deal with the occlusions effectively in tracking, especially severe occlusion and total occlusion. This paper summarizes and classifies the main tracking algorithms under occlusions commonly used at home and abroad, and introduces several kinds of popular tracking algorithms under occlusions based on central weights, part matching, track prediction, and Bayesian theory, respectively. Especially, it describes a fusion algorithm combined different advantages of some algorithms. It also gives the basic ideas of these algorithms and their processing abilities, and analyzes the advantages and disadvantages of these algorithms. Finally, it focus on the problems and points out that the multi-

sensor fusion technology will be conducive to the improvement of the tracking algorithms under occlusions.

Key words: tracking under occlusion; central weight; part matching; track prediction; Bayesian theory; fusion of multi-algorithms

1 引言

目标跟踪是机器视觉的核心问题之一,是一个融合图像处理、模式识别、人工智能及自动控制等不同领域先进成果的高新技术,在军事制导、视频监控、医疗诊断、产品检测、虚拟现实等众多领域有重要的实用价值和广阔的发展前景。然而,由于被跟踪目标本身特征的多样性和外部环境的复杂性,目标跟踪一直是一个极富挑战性的课题。一个鲁棒的目标跟踪算法必须要能够解决跟踪过程中遇到的各种困难,如旋转、尺寸变化、光照变化等,而遮挡问题是其中难点。

遮挡是目标跟踪中的常见情况。目标可能被背景中的静止物体遮挡,也可能是多目标之间的相互遮挡,或者由于目标自身旋转变形造成的自遮挡;遮挡的程度也不尽相同,如部分遮挡,严重遮挡和全部遮挡;遮挡时间的长短也不一样,有短时遮挡和长时遮挡。目标被遮挡的过程可以分为三个阶段:一是目标进入遮挡,该过程中目标信息逐渐丢失;二是目标处于遮挡之中,该过程中目标信息保持丢失状态;三是目标离开遮挡,该过程中目标信息逐渐恢复。遮挡造成了目标信息的不稳定甚至丢失,而跟踪算法的关键在于搜索到足够的目标信息,判断目标的所在位置,所以遮挡给目标跟踪的可靠性带来了很大困难。一个鲁棒的目标跟踪算法应该能够准确判断目标遮挡的发生,并且在遮挡期间利用目标的剩余信息继续跟踪目标,即使是在目标被完全遮挡的情况下也不至于丢失目标。能否有效处理遮挡,尤其是严重遮挡和全部遮挡,是评价目标跟踪算法的重要依据,对于提高目标跟踪算法的鲁棒性,具有非常重要的意义。

为了解决遮挡问题,国内外的研究人员进行了大量的研究,提出了很多有效的算法,某些算法在特定场合下取得了较好的跟踪效果。这些算法大致可以分为如下几类:1)中心加权的区域匹

配;2)子块匹配;3)轨迹预测;4)贝叶斯理论;5)多算法融合。

本文对上述算法进行了总结,列举并且简要介绍了其代表性算法,指出了各种算法适用的场合,并分析了其优缺点。

2 遮挡目标跟踪算法

2.1 基于中心加权的遮挡目标跟踪算法

所谓中心加权是指对目标跟踪的贡献,区域中心像素贡献大,区域边缘像素贡献小。典型的中心加权算法是目前非常流行的均值漂移算法,即 Mean-shift 算法^[1]。Mean-shift 算法是一种基于核密度估计的非参数模式匹配算法,通过建立加权直方图来描述目标的颜色分布。离区域中心越近,像素权重越大,反之,离区域中心越远,像素权重越小。该方法利用像素概率密度函数梯度最优化方法,通过迭代,快速收敛于概率密度函数的局部极大值,实现快速目标定位。当目标周围被遮挡时,由于周围像素权重小,不会对目标定位产生剧烈的影响。另外,文献[2,3]提出了分层加权匹配算法,以目标中心点为中心,把目标区域分成多个矩形区域带,中心区域的权重大,外围区域权重小,同样可以实现对部分遮挡目标的鲁棒跟踪。

2.2 基于子块匹配的遮挡目标跟踪算法

一般来讲,遮挡的发生都是从目标的某个侧面逐渐开始的,目标被遮挡部分的信息丢失,但是未被遮挡部分仍然会保持原有的特征不变。只要能正确跟踪目标未遮挡的部分,再利用该部分的跟踪结果经过简单的坐标转换,就可以对目标进行准确定位。基于这一思想,研究人员提出了基于子块匹配的目标跟踪算法^[7-14]。该算法的主要思想是将整个目标区域分成若干个子块,分别对子块进行单独跟踪。目标的最终定位可以根据某个单独的子块,也可以是所有或者若干子块定位信息的融合。子块分割的区域可以是重叠的,

也可以是非重叠的;子块的大小可以是固定的,也可以是自适应的。

2.3 基于轨迹预测的遮挡目标跟踪算法

轨迹预测是指利用目标的运动信息,如位置、速度、加速度等来预测目标在下一帧的位置。当目标被遮挡时,目标丢失大部分特征信息,此时它最可靠的信息是目标的运动信息,因为目标运动存在惯性,它的运动速度和加速度在短时间内一般不会发生很大变化。该算法假定目标运动遵从一定的规律,从而可以推测出目标在某一时刻的位置。线性预测和最小二乘拟合等算法都可以用来预测目标位置。卡尔曼滤波算法^[15]作为一种经典的预测估计算法,经常应用于目标跟踪,尤其是遮挡情况下的轨迹预测^[16]。如果已知目标的运动轨迹是光滑的,或者目标运动的速度或加速度是恒定的,即目标的运动是线性的,且图像噪声服从高斯分布,就可以利用卡尔曼滤波预测目标下一帧的位置。该算法是一种对动态系统的状态序列进行线性最小方差估计的算法,位置预测较为准确。如果目标的运动是非线性的,可以使用扩展卡尔曼滤波(Extended Kalman Filter)^[17]或者无迹卡尔曼滤波(Unscented Kalman Filter)^[18]等算法跟踪目标。

2.4 基于贝叶斯理论的遮挡目标跟踪算法

针对非线性、非高斯假设的动态系统的目标跟踪问题,卡尔曼滤波已不再适用。因此,研究人员提出了贝叶斯滤波理论,将跟踪问题建模成一个贝叶斯后验概率分布最大化问题^[19,20]。粒子滤波(Particle filter)跟踪算法^[21]建立在贝叶斯理论的基础之上,是目前与 Mean-shift 算法同样流行的另一种经典算法。其核心思想是用一些离散的随机采样点(粒子)来近似表示状态变量的概率密度函数。当采样点的数目足够大时,这些粒子可以很好地逼近后验概率密度函数。基于局部最优粒子滤波的目标跟踪算法^[22],根据目标自身的轮廓信息,建立了一种自适应数目的局部最优粒子集合。通过这种粒子集的建立,使粒子得到了充分的运用,提高了粒子的利用效率,以较少的粒子数目保持了假设的多样性,极大地降低了算法的计算量。该算法能够解决部分遮挡、短时间全部遮挡及相似物干扰等复杂问题,同时能够完

全满足实时性的要求。

2.5 多算法融合的遮挡目标跟踪算法

对于遮挡目标,采用单一的跟踪算法往往难以达到理想效果,尤其对于严重遮挡和全部遮挡,因此研究人员考虑融合多种算法来增强鲁棒性。文献[23]融合了3个预测器,即 $\alpha-\beta$ 跟踪方案,卡尔曼滤波和区域分割匹配方案,最小方差相关时选择目标最可能的位置。文献[24]选取 Mean-shift 和粒子滤波分别对目标进行跟踪,得到当前目标位置的候选值,建立参考模板作为标准评价候选值,得到目标的正确位置。两种算法的融合成功解决了遮挡、扭曲、旋转等复杂情况,且跟踪精度提高了一倍。文献[25]融合了 Mean-shift 算法、SIFT 算子^[26,27]和 Kalman 滤波。Mean-shift 算法用于粗匹配,寻找到目标的大概位置,SIFT 算子用于精匹配,确定目标的精确位置,Kalman 滤波用于遮挡情况下的目标轨迹预测。

3 遮挡算法性能分析

一个好的遮挡情况下的目标跟踪算法一般必须满足两个要求:第一是算法鲁棒性强;第二是实时性好,算法要费时少,至少要比视频采集系统的图像帧的采集速率快,否则无法实现正常跟踪。在实际的观测环境中,图像的背景可能很复杂,使得遮挡情况下的目标跟踪变得非常困难,同时跟踪过程中的高精度和强可靠性要求对算法的鲁棒性提出了很高的要求。同时,如果系统的跟踪环节后面还有其它的图像处理环节,这就要预留较多的时间给后面的处理,所以实时性也至关重要。

评价遮挡情况下目标跟踪算法的性能优劣需要统一的标准,如长、短时间遮挡的定义;部分、严重遮挡的定义,实时性要求及跟踪精度等。然而,目前尚没有这样的标准化定义。本文结合实际工程应用,做出如下规定:

- 1) 遮挡长短:短时间遮挡 ≤ 10 frame;长时间遮挡 > 10 frame。
- 2) 遮挡程度:部分遮挡 $\leq 40\%$;严重遮挡 $> 40\%$;全部遮挡。
- 3) 算法实时性:处理速度 ≥ 15 frame/s。

目标跟踪过程实际上是一个图像匹配的过

程。图像匹配需要选取一定的目标信息,这些信息包括颜色信息、运动信息、轮廓信息、特征点信息、纹理信息等。表1给出了本文总结的5种遮挡情况下目标跟踪算法的代表文献以及该文献中采用的目标信息。

表1 各种算法代表文献及其信息选取

Tab.1 Representative papers of different algorithms and chosen information

所用算法	代表文献	颜色	目标信息选取		
			运动	轮廓	特征点
2.1	[1]	*	N/A	N/A	N/A
2.2	[8]	*	N/A	N/A	N/A
2.3	[16]	*	*	N/A	N/A
2.4	[22]	*	*	*	N/A
2.5	[24]	*	*	N/A	*

一般情况下,能处理部分遮挡的算法不一定能处理严重遮挡和全部遮挡;但是能处理严重遮挡和全部遮挡的算法,同时对部分遮挡也有很强的鲁棒性。本文根据所在文献的描述和文献中不同的测试序列,给出了这5篇代表文献中遮挡处理的性能,如表2所示。

表2 各种算法的遮挡处理性能

Tab.2 Performance of mentioned algorithms to occlusions

所用算法	遮挡处理性能		
	遮挡长短/frame	遮挡程度	实时性
2.1	2 984	部分	150 frame/s
2.2	220	严重	> 50 frame/s
2.3	13	部分	N/A
	10	全部	N/A
2.4	10	部分	> 25 frame/s
	4	全部	> 25 frame/s
2.5	22	严重	N/A
	11	全部	N/A

4 遮挡算法优缺点分析

基于中心加权的遮挡目标跟踪算法减小了边缘像素对跟踪定位的影响,当目标被部分遮挡时,算法仍然能够较为稳定地跟踪目标。其代表性算

法 Mean-shift 算法是一种基于核密度估计的无参数的快速模式匹配算法,通过迭代的方式寻找当前帧中目标的位置,搜索速度快,并且在一定程度上克服了目标的旋转和扭曲变化。但 Mean-shift 算法以目标颜色作为匹配特征,当光线变化造成目标颜色分布变化,或者目标运动过程中遇到颜色分布相似的物体时,算法可能会失效。其次跟踪窗内不可避免引入背景像素,尽管权重较小,但仍然会造成目标的定位偏差。针对这一问题,研究人员提出了很多改进的 Mean-shift 算法^[4-6]。这些算法通过图像分割提取出目标,去除了周围背景像素的影响,使得目标定位更为准确。

基于子块匹配的遮挡目标跟踪算法充分利用了目标未被遮挡子块的信息来对目标进行定位,能够克服目标的部分遮挡和严重遮挡。但是子块的划分对跟踪效果有很大影响,子块太大,对遮挡太敏感;子块太小,又可能会丢失目标信息,而且子块小意味着划分的子块多,会增加算法的计算量。同时,如果仅仅利用单个子块的位置信息,可能会造成目标定位的漂移,而融合多个子块的位置信息则需要建立良好的融合机制,同时也必然加大算法的负担。

基于轨迹预测的遮挡目标跟踪算法对于线性运动的各种程度的被遮挡目标都具有良好的跟踪效果,是一种常用的遮挡情况下的运动目标跟踪算法。卡尔曼滤波器是一个线性递归滤波器,可以基于系统以前的状态序列对下一状态做最优估计,预测时具有无偏、稳定和最优的特点,运算速度快。但是,如果由于目标本身或者摄像机的抖动而造成目标运动状态突然改变时,目标运动不再符合线性、高斯要求,预测跟踪会失效。

基于贝叶斯理论的遮挡目标跟踪算法适合于任何非线性、非高斯的动态系统,特别是传统的卡尔曼滤波无法表示的非线性系统。通过非参数化的蒙特卡罗模拟方法来实现递推贝叶斯滤波的粒子滤波算法,精度可以逼近最优估计,具有较强的抗噪能力,对遮挡有较好的鲁棒性。粒子滤波使用灵活、容易实现、具有并行结构、实时性强,但是该算法是在一系列假设条件满足的情况下进行的,长时间跟踪时,参考分布的选择和粒子群不同程度的退化会大大影响算法的稳定性和可靠性。

基于多算法融合的遮挡目标跟踪算法综合了各种算法的优点,克服了单一遮挡目标跟踪算法的不足,提高了跟踪系统的稳定性和可靠性。如何寻求一种有效的融合机制,是多算法融合的难度。同时,多个算法的融合必然会增加系统开销,影响系统的实时性;但是,随着处理器运算速度的不断提高,复杂算法的实时性必将成为可能。

5 结束语

本文对国内外有关遮挡情况下的跟踪算法进行研究和总结,不难看出,随着研究的深入,遮挡情况下的目标跟踪仍然面临许多需要进一步解决的问题。这些问题主要包括:

1. 缺乏对遮挡问题描述的标准化。目前大部分文献中所谓的短时间遮挡、长时间遮挡,部分遮挡、严重遮挡大都是一个定性的模糊说法。比如遮挡多长时间为长,多短时间为短,遮挡到什么程度为部分遮挡,什么程度为严重遮挡,都还没有定量的精确的标准化定义,同时,也缺乏统一的标准来判定各个算法的优劣。遮挡目标跟踪算法测试序列不同,适应环境也不同,对现有系统做系统性的研究,建立一个统一的评价标准和体系,势必能为人们根据不同应用选择合适算法提供重要的参考信息,然而现有的各种评价标准和体系大部分是根据特定应用条件进行研究的,不具备通用性。因此,遮挡情况下跟踪性能评价体系的建立将是

一个值得研究的方向。

2. 长时间的完全遮挡仍然是难题。这个过程中,目标丢失全部信息,只能利用遮挡前的运动信息预测目标位置,而无法对目标位置进行修正。只要目标的运动状态稍有改变,预测位置就会与目标实际位置偏离,出现定位偏差。如果目标运动状态有大的改变,跟踪失效的可能性很大。

3. 信息融合技术受到图像及视觉领域研究人员的广泛关注,取得了许多成果。通过多种传感器获取场景的信息量远远大于单传感器。目前的视频跟踪技术大多数是基于单传感器拍摄的视频序列,而基于单传感器拍摄的视频效果受环境和天气因素的影响较大。如果能够通过信息融合技术将不同种传感器获取的目标特征信息进行融合来实现场景中的目标跟踪,则跟踪的难度将大大降低,并且也可拓宽视频跟踪算法的应用范围,即这些跟踪算法可以在不同环境中工作,如在白天环境或夜间环境等。因此,基于多传感器信息融合的视频跟踪今后将会越来越引起人们的更多关注。

综上所述,尽管针对目标遮挡问题,研究人员提出了众多的算法,并且在某些特定场合下取得了良好的跟踪效果,然而至今仍然没有完美的解决方案。因此,设计出一种鲁棒性强、实时性好、适用面广的遮挡目标跟踪算法是该领域的一个长期奋斗目标。

参考文献:

- [1] COMANICIU D, RAMESH V, MEER P. Kernel-based object tracking[J]. *IEEE T. Pattern Anal.*, 2003;564-577.
- [2] 江泽涛,赵榕春,黎明. 一种基于相关的分层匹配与目标跟踪算法[J]. *航空学报*, 2006, 27(4):670-675.
JIANG Z T, ZHAO R CH, LI M. A correlation based layered matching and target tracking method[J]. *Acta Aeronautica et Astronautica Sinica*, 2006, 27(4):670-675. (in Chinese)
- [3] 王明波,周亚凡,刘颖. 遮挡情况下目标跟踪算法研究[J]. *现代雷达*, 2008, 30(7):52-55.
WANG M B, ZHOU Y F, LIU Y. A study on tracking method for moving target under screening[J]. *Modern Radar*, 2008, 30(7):52-55 (in Chinese).
- [4] JEYAKAR J, VENKATESH B R, RAMAKRISHNAN K R. Robust object tracking using local kernels and background information[C]. *IEEE Int. Conf. on Image Proc.*, 2007:49-52.
- [5] JEYAKAR J, VENKATESH B R, RAMAKRISHNAN K R. Robust object tracking with background-weighted local kernels[J]. *Comput. Vis. Image Und.*, 2008:1-14.
- [6] WEN ZH Q, CAI Z X. A robust object tracking approach using Mean Shift[C]. 3th Int. Conf. on Nat. Computat. (ICNC 2007), 2007.

- [7] MAGGIO E,CAVALLARO A. Multi-part target representation for color tracking[C]. ICIP 2005. IEEE Int. Conf. on Image Proc. ,2005,1:729-732.
- [8] WANG F L,YU SH Y,YANG J. A novel fragments-based tracking algorithm using Mean Shift[C]. 2008 10th Intl. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision, Hanoi,Vietnam,2008:694-698.
- [9] CAULFIELD D,DAWSON-HOWE K. Evaluation of multi-part models for Mean - Shift tracking[C]. Int. Machine Vision and Image Proc. Conf. ,2008,77-82.
- [10] ZHANG Z,GUNES H,PICCARDI M. Tracking people in crowds by a part matching approach[C]. IEEE 5th Int. Conf. on Advanced Video and Signal Based Surveillance,2008:88-93.
- [11] 孙中森,孙俊喜,宋建中. 一种分块表示的彩色目标跟踪算法[J]. 电子应用技术,2007,3:55-57.
SUN ZH S,SUN J X,SONG J ZH. A color target tracking algorithm based on multi-part representation[J]. *Appl. Electronic Technique*,2007,3:55-57. (in Chinese).
- [12] 常发亮,马丽,乔谊正. 遮挡情况下基于特征相关匹配的目标跟踪算法[J]. 中国图像图形学报,2006,11(6):877-882.
CHANG F L,MA L,QIAO Y ZH. Target tracking algorithm under occlusion based on correlation matching[J]. *J. Image and Graphics*,2006,11(6):877-882. (in Chinese)
- [13] 常发亮,马丽,乔谊正. 遮挡情况下的视觉目标跟踪方法研究[J]. 控制与决策,2006,21(5):503-507.
CHANG F L,MA L,QIAO Y ZH. Study on vision target tracking under occlusion[J]. *Control and Decision*,2006,21(5):503-507. (in Chinese)
- [14] ADAM A,RIVLIN E,SHIMSHONI I. Robust fragments - based tracing using integral histogram[C]. Proc. of the IEEE Society Conf. on Comput. Vis. and Pattern Recognition,2006:798-805.
- [15] KALMAN R E. A new approach to linear filtering and prediction problems[J]. *Trans. ASME-J. of Basic Eng.* ,1960,82 (Series D):35-45.
- [16] WANG ZH Q,FAN Y F,ZHANG G L,*et al.* . Robust face tracking algorithm with occlusions[J]. *SPIE*,2007,6786:67861X.
- [17] RIBEIRO M I. Kalman and extended Kalman filter:concept, derivation and properties[R/OL]. *Institute for Systems and Robotics*,2004[2009-01-11]. <http://user.isr.ist.utl.pt/~mir/pub/Kalman.pdf>.
- [18] JULIER S,UHLMANN J. A new extension of the Kalman filter to nonlinear systems[J]. *SPIE*,1997,3068:182-193.
- [19] GORDON N J,SALMOND D J,SMITH A F M. Novel approach to nonlinear/non-gaussian bayesian state estimation[J]. *IEEE Proc-F*,1993,140(2):107-113.
- [20] DOUCET A,GODSILL S J,ANDRIEU C. On sequential monte carlo sampling methods for bayesian filtering[J]. *Stat. Compu.* ,2000,10(3):197-208.
- [21] ISARD M,BLAKE A. CONDENSATION-Conditional density propagation for visual tracking[J]. *Int. J. Comput. Vis.* , 1998,29(1):5-28.
- [22] 孟勃. 局部最优粒子滤波目标跟踪算法的研究和应用[D]. 北京:中国科学院研究生院,2008.
MENG B. Research and application of the local optimal particle filter target tracking algorithm[D]. Beijing:Graduate University of Chinese Academy of Science,2008. (in Chinese)
- [23] CORVEE E,VELASTIN S,JONES G A. Occlusion tolerant tracking using hybrid prediction schemes[J]. *Acta Automation Sinica*,2003,29(3):356-349.
- [24] 陈爱华,孟勃,朱明. 多模式融合的目标跟踪算法[J]. 光学精密工程,2009,17(1):185-190.
CHEN A H,MENG B,ZHU M. Multi-pattern fusion algorithm for target tracking[J]. *Opt. Precision Eng.* ,2009,17(1):185-190. (in Chinese)
- [25] 陈爱华. 复杂环境下多模式融合的视频跟踪算法研究[D]. 北京:中国科学院研究生院,2009.
CHEN A H. Research on multi-mode fusion algorithm for visual target tracking under complex environment[D]. Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Science,2009. (in Chinese)
- [26] LOWE D G. Object recognition from local scale-invariant features[C]. Proc. Int. Conf. on Comp. Vis. (ICCV1999),

1999:20-27.

[27] LOWE D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints[J]. *Int. J. Comput. Vis.*, 2004, 60(2):99-110.

作者简介:薛 陈(1983—),男,四川成都人,博士研究生,主要从事图像处理、目标跟踪等方面的研究。

E-mail: achen5225@sina.com

朱 明(1964—),男,江西南昌人,研究员,博士生导师,主要从事图像处理,电视跟踪和自动目标识别技术的研究。E-mail: zhu_mingca@163.com

刘春香(1983—),女,吉林长春人,硕士研究生,主要从事实时图像处理方面的研究。

E-mail: yu_hit2007@163.com

《光学 精密工程》(月刊)

- 中国光学开拓者之一王大珩院士亲自创办的新中国历史最悠久的光学期刊
- 现任主编为国家级有突出贡献的青年科学家曹健林博士
- Benjamin J Eggleton, John Love 等国际著名光学专家为本刊国际编委

《光学 精密工程》主要栏目有现代应用光学(空间光学、纤维光学、信息光学、薄膜光学、光电技术及器件、光学工艺及设备、光电跟踪与测量、激光技术及设备);微纳技术与精密机械(纳米光学、精密机械);信息科学(图像处理、计算机应用与软件工程)等。

- * 美国工程索引 EI 核心期刊
- * 中国精品科技期刊
- * 中文核心期刊
- * 百种中国杰出学术期刊

主管单位:中国科学院

主办单位:中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

中国仪器仪表学会

地址:长春市东南湖大路 3888 号

邮编:130033

电话:0431-86176855

传真:0431-84613409

电邮:gxjmgc@sina.com

网址: <http://www.eope.net>

定价:50.00 元/册