

# 基于背景差分法的煤矿井下视频动目标检测

王 勇<sup>1,2,3</sup>

- (1. 煤炭科学技术研究院有限公司, 北京 100013;
2. 煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室, 北京 100013;
3. 北京市煤矿安全工程技术研究中心, 北京 100013)

**摘 要:**煤矿井下运动目标的监测是随着工业视频监控、数字图像处理和模式识别等技术的发展而提出的一种安全生产管理的新需求,通过识别井下移动物体,判别其基本属性,跟踪其运动轨迹,分析其所处环境,结合预设参数及专业库,进行危险性判别及预警。针对煤矿井下环境的运动目标检测需求,描述了整个系统的组成及框架,采用背景差分法的基本原理,重点设计了矿井监控视频中的运动目标检测的流程及相关算法,结合 Python 与 OpenCV 的编程,混合高斯的建模过程,实现了煤矿井下综采工作面的运动目标的检测。现场应用表明,采用该流程及算法,在  $K=5$ ,  $\text{std}=20$ ,  $\text{std}_t=20$ ,  $\lambda=3$  条件下,很好地实现了矿井监控视频中人员或矿车的动目标判别。

**关键词:**矿井监控视频;背景差分;混合高斯;OpenCV

中图分类号:TP301

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2020)04-0177-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2020.04.034

## Detection of Video Moving Target in Coal Mine Based on Background Difference Method

WANG Yong<sup>1,2,3</sup>

- (1. China Coal Research Institute, Beijing 100013, China;
2. State Key Laboratory of Coal Mining and Clean Utilization, Beijing 100013, China;
3. Research Center of Mine Safety Engineering and Technology, Beijing 100013, China)

**Abstract:** The monitoring of moving targets in coal mine is a new requirement of safety production management with the development of industrial video monitoring, digital image processing and pattern recognition technology. By identifying the moving objects in the mine, distinguishing their basic attributes, tracking their trajectories, analyzing their environment, and combining the preset parameters and professional databases, danger identification and warning are carried out. Aiming at the requirement of moving target detection in underground environment of coal mine, we describe the composition and framework of the whole system, adopt the basic principle of background difference method, and design the flow and related algorithm of moving target detection in mine surveillance video. Combining the programming of Python and OpenCV and the modeling process of Mixture Gauss, the detection of moving target in underground fully mechanized mining face of coal mine is realized. The field application shows that under the conditions of  $K=5$ ,  $\text{std}=20$ ,  $\text{std}_t=20$ , and  $\lambda=3$ , the process and algorithm can well realize the moving target discrimination of personnel or mine car in mine monitoring video.

**Key words:** mine monitoring video; background difference; mixture Gauss; OpenCV

## 0 引言

近年来,随着煤矿自动化、信息化、智能化技术的发展,矿用视频监控技术在煤矿生产的各业务系统中得到了充分的利用,尤其是涉及到煤矿安全生产综采工作面、中央变电所、水泵房等区域,实现了矿用摄像

机的全覆盖<sup>[1]</sup>。监控画面的增多,监测难度增加,采用传统的人工监视的方法已经满足不了煤矿安全生产的需要。随着机器视觉技术的发展,运动目标检测技术在矿井视频辅助报警系统中的应用就显得更为重要<sup>[2-3]</sup>。

收稿日期:2019-05-17

修回日期:2019-09-23

网络出版时间:2019-12-18

基金项目:国家重点研发计划(2018YFC0808304)

作者简介:王 勇(1976-),男,硕士,副研究员,主要从事煤矿安全监测监控、信息化、数字化软件产品的研发。

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20191218.1113.056.html>

1 动目标监测及机器视觉

矿井监控视频中的运动目标检测是以实现煤矿危险区域以及涉及到生产的重点区域的矿井人员等运动目标的检测为目的,因此,实现矿井监控视频中的运动目标检测既是实现煤矿井下安全报警联动与联动控制的基础,也是提升煤矿安全生产的关键技术<sup>[4]</sup>。

运动目标检测技术是机器视觉的关键技术,它的基本任务是从图像序列中检测出运动信息<sup>[5]</sup>,为后续的智能场景的实现提供必备条件。常用的运动目标检测算法主要有光流法、帧间差分法与背景差分法三种<sup>[6]</sup>。光流法是指利用图像序列中的像素点的光流信

息实现运动目标的检测<sup>[7]</sup>,但该方法计算量大,无法满足实时检测的要求;帧间差分法是指利用相邻图像的帧作差分运算,并与设定的阈值作比较来实现运动目标的检测,但该方法在运动目标速度过快或过慢时,易引起“拖影”或“空洞”的现象;背景差分法是指利用输入图像与背景模型作差分运算<sup>[8]</sup>,并与阈值进行判别来实现运动目标的检测,并可采用动态的更新背景模型来实现对动态背景的适应,且该方法计算复杂度低、实时性好<sup>[9-10]</sup>。因此,文中采用基于背景差分法的运动目标检测技术(原理见图 1)实现煤矿监视视频中的目标检测。

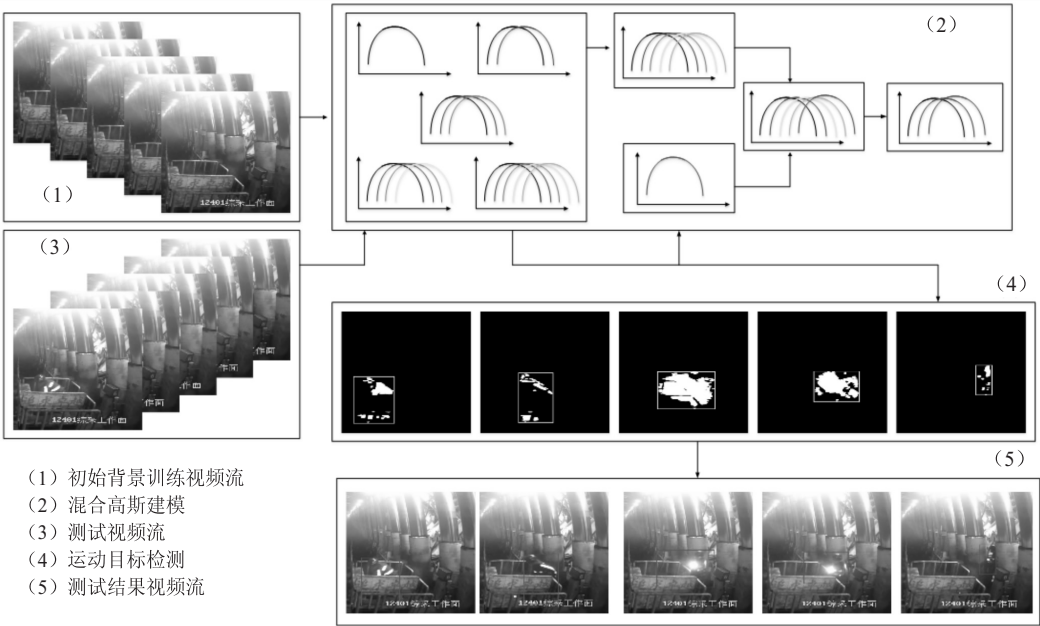


图 1 基于背景差分法的运动目标检测技术原理

2 系统组成及架构

2.1 系统组成

煤矿井下动目标监测平台主要由视频网络传输、视频采集、分析管理平台三部分组成,如图 2 所示。

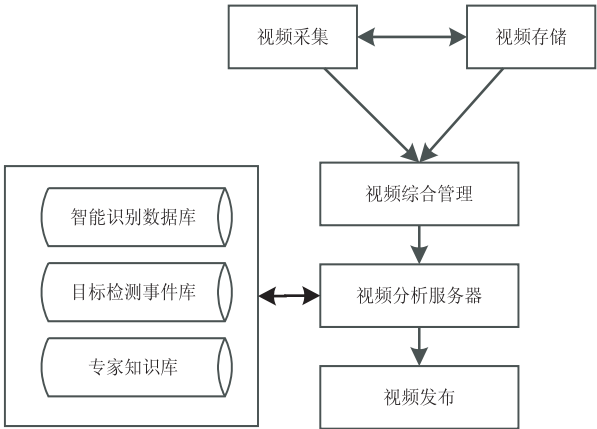


图 2 系统结构

其中视频网络传输子系统实现数据的交互与传输,核心交换机与接入层交换机形成了网络架构,根据系统应用要求,视频汇聚层主干网需要满足千兆级,监控点网络带宽满足百兆级。视频采集子系统由监测摄像头、视频存储和管理平台组成,实现监测范围内数据的采集、分类、存储。分析管理平台由智能识别、目标检测事件资源库等组成,实现对数据的汇聚、处理、分析、汇报,该平台通过搭建 GPU 集群,完成多路并发的在线实时解析。

2.2 系统架构

系统采用五层架构设计,从下至上为采集层、解析层、服务层、业务层和管理层,如图 3 所示。其中采集层实现监测点视频图像资源的采集;解析层通过特征识别和对比分析,获取监测目标的属性特征,并进行识别标识;服务层对识别出的目标动作进行分析,得出结论;业务层完成分析结果的展示及报警;应用层实现结果的处理及上报。

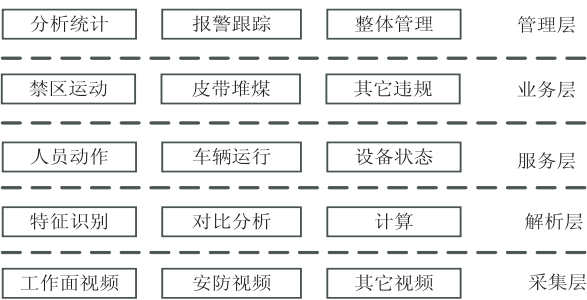


图3 系统架构设计

3 基于背景差分法的动目标检测流程设计

3.1 差分法原理

背景差分法的原理是将视频序列中的当前帧与背景图像进行差分运算来得到目标区域。考虑到实际应用,需对背景图像提出的要求包括背景图像不包含运动目标和背景场景变化时,能够自适应地构建背景图像<sup>[11]</sup>。比较常用的有基于均值的背景构建、基于中值滤波器的背景构建、基于单个高斯模型的背景构建、基于混合高斯模型的背景构建等<sup>[12-13]</sup>。

如果不考虑光照环境的变化等因素,如式(1)所示,视频序列的当前帧图像  $I(x,y)$  可以看作是背景图像  $B(x,y)$  与  $T(x,y)$  运动目标的叠加组成:

$$I(x,y) = B(x,y) + T(x,y) \tag{1}$$

由于在矿井监控视频中,考虑到煤矿井下存在光线变化等环境噪声  $n(x,y)$  的影响,视频序列中当前帧图像  $I(x,y)$  实际是由背景图像、运动目标与环境噪声的叠加组成,如式(2)所示:

$$I(x,y) = B(x,y) + T(x,y) + n(x,y) \tag{2}$$

即差分图像如式(3)所示:

$$D(x,y) = I(x,y) - B(x,y) + n(x,y) \tag{3}$$

因此,基于背景差分法的运动目标检测技术的原理如式(4)所示:

$$T(x,y) = \begin{cases} I(x,y) & D(x,y) \geq Th \\ 255 & D(x,y) < Th \end{cases} \tag{4}$$

其中,  $Th$  表示设定的阈值。

3.2 运动目标检测流程

矿井监控视频中的基于背景差分法的运动目标检测流程如下所示:

(1)选取没有前景运动目标的视频流,对帧图像进行灰度转换,利用混合高斯模型进行初始化背景建模;

(2)提取测试视频流序列中的帧图像,进行灰度转换,前景判定,并对混合高斯模型进行更新;对判定为前景区域的像素的灰度值赋值 255,判定为背景区域的像素的灰度值赋值 0;

(3)检测前景区域的轮廓,画出包含前景区域轮

廓的最小矩形框坐标,并画出矩形框;

(4)根据步骤(3)得到的坐标,在测试视频流的原始帧图像中,标注矩形框。

4 基于混合高斯模型的背景构造

考虑到随着综采工作面的推进,目标检测的背景场景、光线强度等不断发生变化,因此采用了基于混合高斯模型的背景建模法<sup>[14]</sup>来进行背景建模,具体步骤如下:

4.1 像素初始模型的定义

视频序列中的每个像素有多个单模型进行描述:

$$P(p) = \{ [w_i(x,y,t), u_i(x,y,t), \sigma_i(x,y,t)^2] \}$$

其中,  $i = 1, 2, \dots, K$ ,  $K$  的值一般在 3 ~ 5 之间,表示混合模型的个数,  $w$  表示  $t$  时刻  $(x,y)$  处的每个模型的权重,  $u$  表示  $t$  时刻  $(x,y)$  处模型中的高斯分布的均值,  $\delta$  表示  $t$  时刻  $(x,y)$  处模型中的高斯分布的方差。 $(x,y)$  处各个模型的权重如式(5)所示,满足式(5),且其各个模型的初始化参数如式(6)所示。

$$\sum_{i=1}^K w_i(x,y,t) = 1 \tag{5}$$

$$\begin{cases} u(x,y,0) = I(x,y,0) \\ \sigma^2(x,y,0) = (\text{std})^2 \end{cases} \tag{6}$$

在上式中,  $u(x,y,0)$  为  $(x,y)$  处模型中高斯分布的均值的初始参数,  $I(x,y,0)$  为 0 时刻输入视频序列的图像  $(x,y)$  处的灰度值,  $\sigma^2(x,y,0)$  为  $(x,y)$  处模型中高斯分布的方差的初始参数,  $\text{std}$  表示设定的初值,一般取 20。

4.2 动目标背景构造流程设计

该流程通过不停获取工作面场景中的视频序列中的图片进行分析处理<sup>[15-16]</sup>,流程如图 4 所示。其中  $w(x,y,t)$  表示  $t$  时刻  $(x,y)$  处第  $i$  个模型的权重参数,  $w(x,y,t-1)$  表示  $t-1$  时刻  $(x,y)$  处第  $i$  个模型的权重参数,  $u(x,y,t)$  表示  $t$  时刻  $(x,y)$  处第  $i$  个模型中高斯分布的均值参数,  $u(x,y,t-1)$  表示  $t-1$  时刻  $(x,y)$  处第  $i$  个模型中高斯分布的均值参数,  $\delta(x,y,t)$  表示  $t$  时刻  $(x,y)$  处第  $i$  个模型中高斯分布的平方差参数,  $\delta(x,y,t-1)$  表示  $t-1$  时刻  $(x,y)$  处第  $i$  个模型中高斯分布的平方差参数,  $I(x,y,t)$  表示  $t$  时刻输入图像  $(x,y)$  处的灰度值,  $\text{std}_t$  表示设定的平方差参数,一般取值为 20。

4.3 像素的单个模型排序及删减

为了提高模型以及模型权重的更新效率,每次更新权重后,按照权重对模型进行排序及删减,并及时删减其中的非背景模型<sup>[17]</sup>,排序过程如下:

- (1)计算像素中每个模型的排序标准值;
- (2)对于像素的各个模型,按照排序标准值,由大

到小进行排序；

(3)若各像素的前  $N$  个模型的权重满足  $\sum_{i=1}^N w_i(x, y, t) > Th$  ( $Th$  默认值为 0.7),则仅这  $N$  个模型作为背景模型,其余的模型删除。

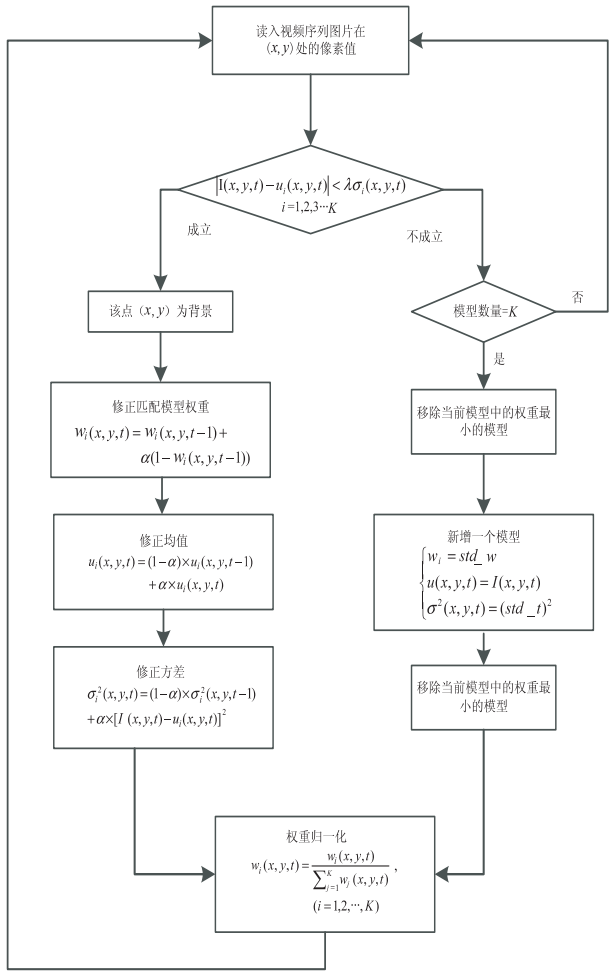


图 4 动目标背景构造流程

5 应用测试

5.1 系统软件设计

煤矿井下动目标的跟踪分析是一个复杂的视频分析过程,为了提高结果的准确性和分析效率,采用面向对象模型的构建集成模式<sup>[18]</sup>,按照系统功能要求划分构件粒度,每个构件对应视频图像分析和判断功能<sup>[19]</sup>,通过调用设计的算法,简化监测系统的布局。

系统软件模块设计如图 5 所示,接口管理实现视频服务模块之间的消息转换,数据库用于存储配置的参数,Web 发布用于展示处理的结果,RTSP 服务、视频服务、流程处理模块都是一个独立的进程或线程,实现视频图像的传输、处理和显示,系统服务实现进程的调度和管理。

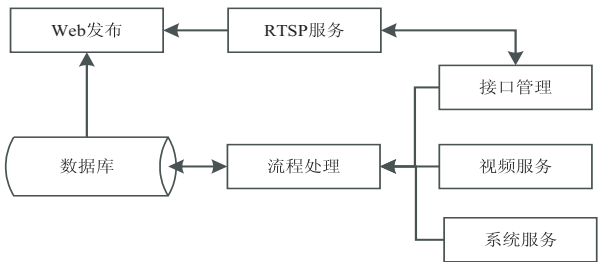


图 5 系统软件模块

判别流程算法采用 Python 和 OpenCV 编程实现。OpenCV 利用 C++进行编写,是 OpenCV 的主要接口之一,支持 Python 语言,在图像处理、计算机视觉设计等方面具有广泛的应用<sup>[20]</sup>。

5.2 测试应用

为验证基于混合高斯建模的背景差分法检测流程的有效性,选取某矿综采工作面的矿井监控视频进行实验,实验环境选取服务器 CPU2.8 GHz,内存 8.0 GB。图6为本次实验的实测结果,其中(a)组为原始

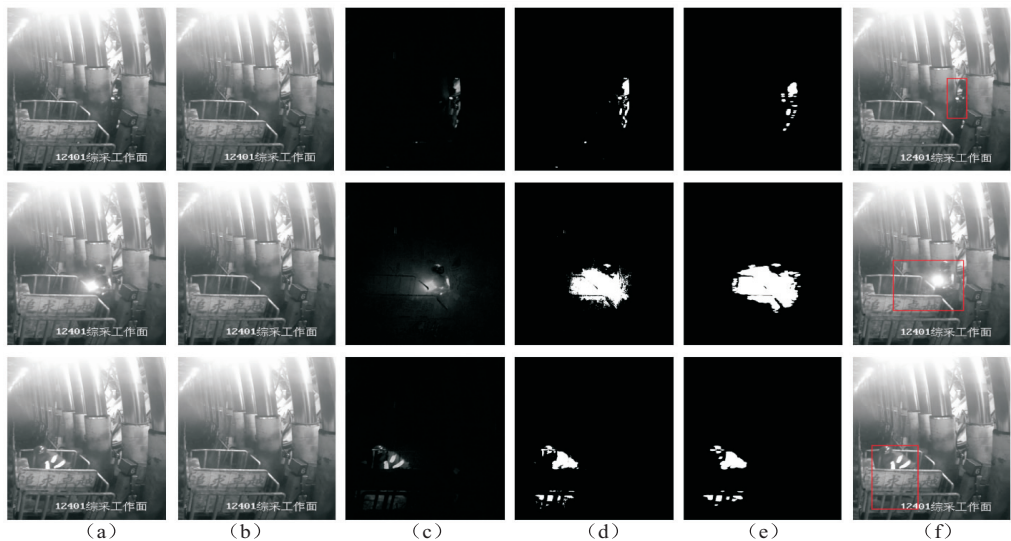


图 6 基于背景差分法的运动目标检测结果



视频序列的帧图像,(b)组为当前帧图像对应的背景模型,(c)组为算法提取的前景图像,(d)组为前景图像二值化后的结果,(e)组为(d)组进行开操作后的结果,(f)组为原始视频序列的帧图像中的运动目标标注图像。通过多次变换参数进行测试,最终结果表明,当选取  $K=5$ 、 $\text{std}=20$ 、 $\text{std}_t=20$ 、 $\lambda=3$  时,利用该流程对矿井监控视频中的动目标进行检测时,对噪声具有较好的鲁棒性,能够有效地标注出动目标区域。

6 结束语

通过研究背景差分法的原理,分析了基于混合高斯建模的背景构造原理,设计了基于背景差分法的动目标检测流程,采用 Python 和 OpenCV 编程工具实现了矿井监控视频中动目标的捕获和标注,为煤矿危险区域以及涉及到生产的重点区域的矿井人员等运动目标的检测提供一种较好的方法。

参考文献:

[1] 孙继平. 煤矿信息化自动化新技术与发展[J]. 煤炭科学技术,2016,44(1):19-23.

[2] 孙继平. 煤矿信息化与智能化要求与关键技术[J]. 煤炭科学技术,2014,42(9):22-25.

[3] 王东伟. 运动目标检测及其在煤矿监控视频中的应用研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2018.

[4] 李 欣. 低照度井下人员目标跟踪算法的研究与实现[D]. 成都:电子科技大学,2014.

[5] GAVRILA D. The visual analysis of human movement;a survey[J]. Computer Vision and Image Understanding, 1999,73(1):82-89.

[6] 张谢华,赵小虎. 煤矿智能视频监控中的运动目标检测研究[J]. 工矿自动化,2016,42(4):31-36.

[7] MURAT T. Digital video proecessing[M]. Beijing:Tsinghua University Press,1998.

[8] FINLAYSON G D,HORDLEY S D,LU C,et al. On the removal of shadows from images[J]. IEEE Transactions on

Pattern Analysis and Machine Intelligence,2006,28(1):59-68.

[9] 杨超宇,李 策,梁胤程,等. 基于改进粒子滤波的煤矿视频监控模糊目标检测[J]. 吉林大学学报:工学版,2017,47(6):1976-1985.

[10] 孙继平,贾 倪. 矿井视频图像中人员目标匹配与跟踪方法[J]. 中国矿业大学学报,2015,44(3):540-548.

[11] CHENG Yizong. Mean shift mode seeking and clustering[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,1995,17(8):790-799.

[12] 张彩珍,张云霞,陈永刚,等. 基于五帧差分模板匹配的运动目标检测识别[J]. 激光与红外,2018,48(12):1554-1560.

[13] 杨 丹,戴 芳. 运动目标检测的 ViBe 算法改进[J]. 中国图象图形学报,2018,23(12):1813-1828.

[14] 杨 磊,庞 芳,胡豁生. 基于低秩-稀疏联合表示的视频序列运动目标检测[J]. 系统仿真学报,2018,30(12):4693-4702.

[15] ROBERTS R,POTTHAST C,DELLAERT F. Learning general optical flow subspaces for estimation and detection of motion anomalies[C]//2009 IEEE conference on computer vision and pattern recognition. Miami,FL,USA:IEEE,2009:20-25.

[16] 高鹏辉,赵武峰,沈继忠. 结合背景差分与光流法的人群状态突变检测[J]. 浙江大学学报:工学版,2018,52(4):649-656.

[17] 李晓瑜,马大中,付英杰. 基于三帧差分混合高斯背景模型运动目标检测[J]. 吉林大学学报:信息科学版,2018,36(4):414-422.

[18] 李亚南,周 勇,田瑞娟. 基于混合高斯模型和三帧差法的背景建模[J]. 兵工自动化,2015,34(4):33-35.

[19] BLOISI D,IOCCHI L. ARGOS - a video surveillance system for boat traffic monitoring in venice[J]. International Journal of Pattern Recognition & Artificial Intelligence,2009,23(7):1477-1502.

[20] OWENS J D,HOUSTON M,LUEBKE D,et al. GPU computing[J]. Proceedings of the IEEE,2008,96(5):879-899.