

文章编号: 2095-4980(2014)05-0721-05

基于云模型移动对象行为识别算法评价

陈燕平¹, 李敏^{*1,2}, 刘恒³

(1.绵阳师范学院 数学与计算机科学学院, 四川 绵阳 621000;

2.中国工程物理研究院 电子工程研究所, 四川 绵阳 621999;

3.西南科技大学 信息学院, 四川 绵阳 621008)

摘要: 为了研究视频监控中异常行为识别算法鲁棒性、准确度和速度的评价方法, 将采集图像序列移动对象运动类型等参数作为样本输入逆向云发生器, 得到移动对象定性概念的定量表示: 期望值 Ex 、熵 En 和超熵 He 。以这些参数作为基础模拟出移动对象行为参数表征。 Ex, En 和 He 输入正向云发生器, 将每个移动对象设计成一个智能体, 个体通过感知环境和自激励调整行为参数, 产生多种行为表征参数, 并用这些参数来评价行为识别算法。通过实验实现了多种行为表征参数的模拟, 用这些参数评价了几种典型算法, 实验结果表明评价方法切实可行。

关键词: 视频监控; 异常行为算法评价; 云模型; 智能移动个体; 正向云发生器; 逆向云发生器

中图分类号: TN911.73; TP391

文献标识码: A

doi: 10.11805/TKYDA201405.0721

Moving object behavior recognition algorithm evaluation based on cloud model

CHEN Yan-ping¹, LI Min^{1,2}, LIU Heng³

(1.Department of Math and Computer science, Mianyang Normal University, Mianyang Sichuan 621000, China;

2.Institute of Electronic Engineering, China Academy of Engineering Physics, Mianyang Sichuan 621999, China;

3.Department of Information, Southwest Science Technology University, Mianyang Sichuan 621008, China)

Abstract: Abnormal behavior recognition algorithm evaluation of robustness, accuracy, and speed in video surveillance is proposed. Moving object parameters such as moving types in image sequence are collected and inputted into backward cloud generator. The quantitative representation of qualitative concepts, expectation Ex , entropy En , and super entropy are obtained. These parameters are adopted to simulate the moving object behavior representation parameters. Ex , En , and He are inputted into normal cloud generator. Each moving object is designed as agent that could adjust behavior parameters by sensing environment and auto excitation. These behavior parameters are adopted to evaluate some classics algorithm; the experiment results show that this evaluation methodology is effective and practical.

Key words: video surveillance; abnormal behavior recognition algorithm evaluation; cloud model; moving object agent; normal cloud generator; backward cloud generator

视频监控中移动对象异常行为识别的研究目前是人工智能、计算机视觉等多学科的研究热点, 主要成果表现在运动目标检测、运动目标分类、运动跟踪、行为理解等方面, 行为识别算法的评价一直是人工智能、计算机视觉的难题, 国内外研究成果都很少^[1-2]。一般而言, 鲁棒性、准确度和识别速度是行为识别算法评价的 3 个基本要求^[3]。目前的识别方法更多关注的是识别率, 对鲁棒性和速度 2 个指标研究很少。另外, 对视频识别方法没有统一的视频测试序列。大部分研究方法都是具体问题具体分析, 用各自选择的视频序列进行实验分析, 无法对提出的算法进行统一评价。本文提出了一种对行为识别算法进行统一评价的方法, 得到了基于真实图像模拟出的统一的视频序列向量, 并用此方法对目前主流的行为识别算法进行了实验测试。

收稿日期: 2013-10-06; 修回日期: 2013-12-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61105020)

通信作者: 李敏 email:190759023@qq.com

1 基于云模型的图像向量生成

1.1 云模型的引入

设 U 是一个用精确数值表示的定量论域, C 是 U 上的定性概念, 若定量值 $x \in U$, 且 x 是定性概念 C 的一次随机实现, x 对 C 的确定度 $\mu(x) \in [0,1]$ 是具有稳定倾向的随机数。 $\mu: U \in [0,1], \forall x \in U, x \rightarrow \mu(x)$, 则 x 在论域 U 上的分布称为云(Cloud), 每一个 x 称为一个云滴^[4-5]。

云的数字特征: 定性概念的定量值;

期望值 Ex : 概念的原型值;

熵 En : 概念不确定程度的度量;

超熵 He : 熵的不确定程度的度量, 即熵的熵。

1.2 真实移动对象云参数的获取

逆向云发生器是实现从定量值到定性概念的转换模型。它可以将一定数量的精确数据转换为以数字特征 Ex, En, He 表示的定性概念^[4-5]。根据 X_i 计算这组

数据的样本均值 $\bar{X} = (1/n) \sum_{i=1}^n x_i$, 一阶样本绝对中心矩

$(1/n) \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{X}|$, 样本方差 $S^2 = 1/(n-1) \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$, 则

$Ex = \bar{X}$, $En = \sqrt{\pi/2} \times 1/n \sum_{i=1}^n |x_i - Ex|$, $He = \sqrt{S^2 - En^2}$ 。

选取如下的图像序列作为原始素材^[6]。

以图 1 的视频图片序列为素材按照图 2 流程获取移动对象定性概念的定量表示数值, 实验采集图像序列共 10 000 帧, 通过实验得到行人、车辆其他移动对象的运动类型、长宽比、运动轨迹、运动速度各自的期望、熵和超熵。

1.3 正向云发生器的实现算法

输入: 数字特征 Ex, En, He , 云滴个数 N ;

输出: N 个云滴 X_i 及其确定度 y_i 。

算法实现^[4-5]:

Step1: 生成以 En 为期望值, He^2 为方差的一个随机数 $En_i = NORM(En, He^2)$;

Step2: 生成以 En 为期望值, En_i^2 为方差的一个随机数 $X_i = NORM(Ex, En_i^2)$;

Step3: 计算确定度 $y_i = e^{(x_i - Ex) * (x_i - Ex) / 2En_i^2}$

Step4: 具有确定度 y_i 的 X_i 生产论域中的一个云滴;

Step5: 重复 Step1 到 Step4 直至产生满足要求的 N 个云滴。

1.4 不确定性图像向量仿真实现

将 1.2 得到的移动对象的原始定性概念作为输入, 运行正向云发生器, 得到具有一定规律, 同时具有不确定性的群体移动对象的行为向量。将每个移动对象设计成一个智能个体, 智能个体可以通过感知环境调整自己的行为, 从而仿真出各种形态的行为。处理流程见图 3, 其中 4 维(运动类型、长宽比、运动轨迹和运动速度)指 4 个参数代表的移动对象的行为向量。其中每个智能个体的行为和运动按照图 4 流程进行调整。

每种智能运动体应具有 3 种功能机制: a) 感知机制, 包括感知环境信息和其他移动对象的行为信息; b) 行为机制, 正向云发生器产生



Fig.1 Crossroads video image sequence
图 1 十字路口视频图像序列

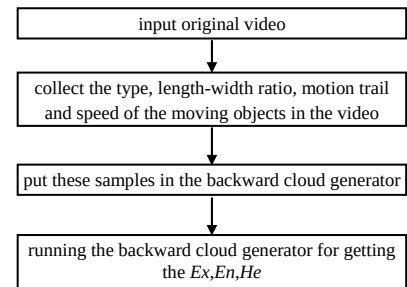


Fig.2 Numerical acquisition process of the original sequence quantitative representation for qualitative concept
图 2 原始序列定性概念的定量表示数值获取流程

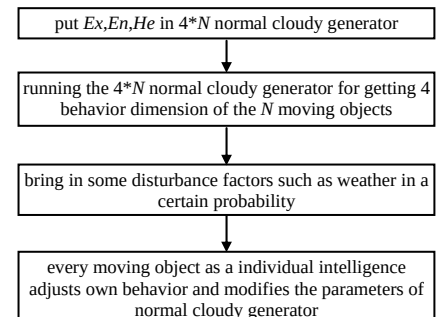


Fig.3 Acquisition process of intelligent group behavior of moving objects
图 3 群体智能移动对象行为实现流程

基本行为向量; c) 运动机制, 由正向云发生器产生基本运动向量。

感知机制包括“激励-反应”层和随机产生层。“激励-反应”层由具有一定优先级的规则组成, 根据环境对个体的影响力和个体自身状态变化对个体影响力确定各规则优先级^[7]。

1.4.1 智能个体行为实现

智能个体行为实现^[7]如下: 基本行为由一个或多个基本运动组成, 根据视频样本库可以建立基本行为库, 库中存储基本行为的定性概念的定量表示, 是由正向云发生器按照感知机制产生基本行为向量。

1.4.2 智能个体运动变速实现

当智能移动对象个体受到环境干扰或其他个体干扰时, 运动速度将发生变化, 包括运动减速和运动加速。

运动加速: 考虑欠采样的影响, $f(t) = \begin{cases} g(t_{\bar{t}}), & i = \arg \min_j (|t_{\bar{t}} - kt|) < \frac{k}{2} \\ g(kt), & \text{else} \end{cases}$, $g(t)$ 和 $f(t)$ 分别表示修正前后的运动,

k 是加速因子, $t_{\bar{t}}$ 是第 i 个特征点的采样位置。

运动减速: 采用线性插值来满足原信号中间帧的运动, $f(t) = g(t_0) + (t - t_0)[g(t_0 + 1) - g(t_0)]$, $0 \leq t - t_0 < 1$, $g(t)$ 和 $f(t)$ 分别表示减速前后的运动。

1.4.3 智能个体路径规划实现

智能个体路径规划实现^[8]为: 在场景中找到移动对象的起始位置和目标位置, 将各个可能的路径通道, 以及到达这些通道需要付出的代价列出, 绘制成一张权值图, 由于蚁群算法便于并行计算, 故采用蚁群算法进行路径寻优, 每个智能移动对象个体都将得到一个合理的路径。

2 几种典型行为识别算法的比较

目前主流的异常行为识别算法包括隐马尔可夫模型(Hidden Markov Model, HMM)、动态贝叶斯网络(Dynamic Bayesian Network, DBN)、人工神经网络(Artificial Neural Network, ANN)、支持向量机(Support Vector Machine, SVM), 由前面阐述的方法得到了各种移动对象的正常行为的 4 维向量和异常行为的 4 维向量, 这些向量具有来源于真实的图像序列, 又具有不确定性, 同时可以按需求产生所需要大量的具有随性又具有一定规律的向量, 利用这些向量对以上主流的异常行为识别算法进行训练, 并进行算法评价。评价的要求包括、鲁棒性、准确度和识别速度。

实验流程: 典型行为识别算法比较的实验流程按照图 5 进行。

实验环境: 实验在个人电脑上运行, 电脑配置如下: CPU Intel 酷睿 i5 750, 主板: 微星 P55-GD55, 内存: 威刚 2G DDR3; 软件环境是 Matlab7.0。实验的原始数据来自于图 1 的图像序列, 通过第 1 节的方法产生的行为向量, 还是以车祸或移动对象之间的碰撞为异常行为, 其他行为定义成正常行为。对于所有算法, 训练的样本数都选择 60 个。

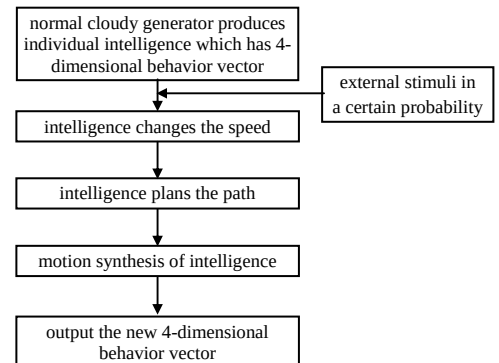


Fig.4 Acquisition process of single intelligent behavior of moving objects

图 4 智能移动个体行为的实现流程

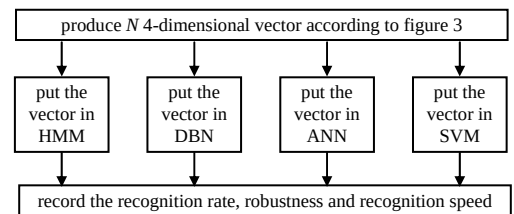


Fig.5 Comparison of typical action recognition algorithms

图 5 典型行为识别算法比较

表 1 各算法识别率比较
Table1 Comparison of algorithm recognition rate

algorithm	recognition rate/%
HMM	93.6
DBN	96.7
ANN	90.1
SVM	94.2

表 2 各算法消耗时间比较
Table2 Comparison of algorithm time consuming

algorithm	time/s	
	training process	reasoning process
HMM	0.016	0.003 5
DBN	0.019	0.004 1
ANN	0.028	0.004 7
SVM	0.023	0.004 3

表 3 各算法稳定性比较
Table3 Comparison of algorithm stability

algorithm	abnormal probability/%
HMM	10.7
DBN	13.2
ANN	15.1
SVM	17.5

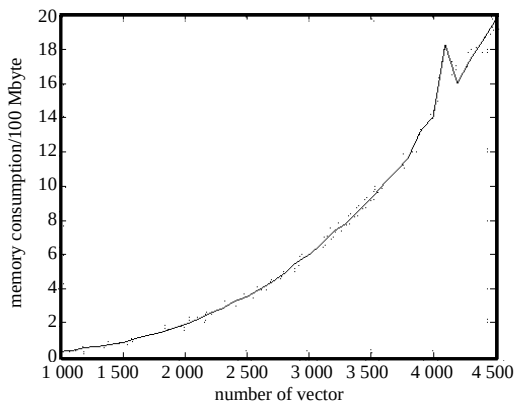


Fig.6 Memory consumption of Hidden Markov
图6 隐马尔可夫内存消耗情况

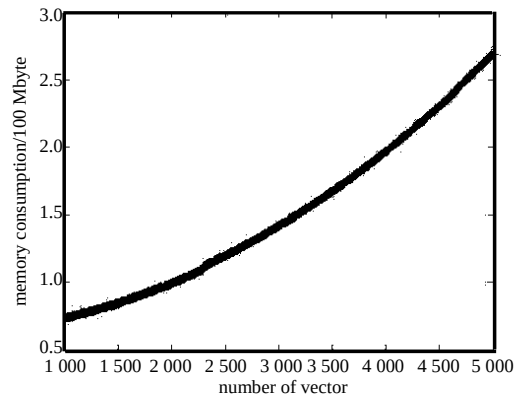


Fig.7 Memory consumption of Dynamic Bayesian
图7 动态贝叶斯内存消耗情况

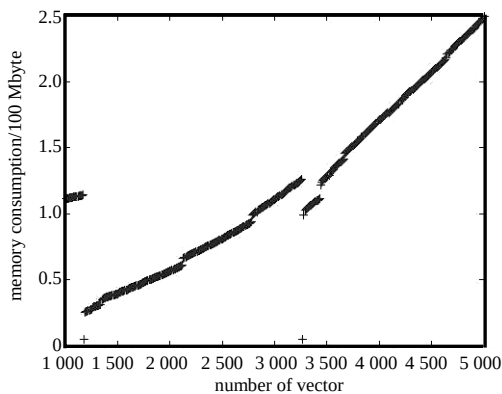


Fig.8 Memory consumption of neural network
图8 神经网络内存消耗情况

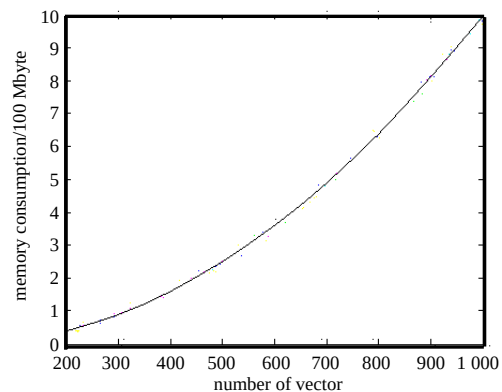


Fig.9 Memory consumption of SVM
图9 支持向量机内存消耗情况

识别率实验比较结果和消耗时间实验比较结果,见表1和表2。实验中鲁棒性衡量包括算法稳定性和算法内存消耗情况对比。逐步调大图5流程中的 N 值,产生海量数据进行测试,同时加入适当的冗余数据,记录内存的使用情况,记录各模型的可靠性和稳定性情况。算法稳定性用1000次实验中出异常的概率来衡量,其结果见表3。

内存消耗情况,横坐标是产生的图像序列的向量个数,纵坐标是内存消耗的容量。各种算法的消耗情况见图6~图9。

实验结果与文献[9-10]介绍的结果基本一致,并且让所有算法在相同的数据序列下进行比较,实验结果更具科学性。

3 结论

本文提出的采集原始图像参数生成 En, Ex, He 作为定性参数的定量表示,以这些参数为基础,将每个移动个体设计成可以感知环境和自激励的智能个体,从而得到具有不确定性和多样性的移动对象的行为参数向量,这些参数向量作为评价异常行为识别算法的统一数据,可使得算法评价的效果不受其他因素的干扰,能直接反映算法的鲁棒性、识别率和识别速度。将来的工作将致力于移动对象行为特征向量维数增加后的统一建模。

参考文献:

- [1] Gerónimo D, López AM, Sappa AD, et al. Survey of pedestrian detection for advanced driver assistance system[J]. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., 2010, 32(7):1239-1258.
- [2] Candamo J, Shreve M, Goldgof D B, et al. Understanding transit scenes: a survey on human behavior-recognition algorithms[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2010, 11(1):206-224.
- [3] Poppe R. A survey on vision-based human action recognition[J]. Image and Vision Computing, 2010, 28(7):976-990.

- [4] 李敏,魏斌,彭保. 基于正态云模型的篮球机器人投篮命中率研究[J]. 计算机工程, 2012,38(8):4-5. (LI Min,WEI Bin, PENG Bao. The research of basketball robot shooting rate based normal cloudy mode[J]. Computer Engineering, 2012,38(8):4-5.)
- [5] 范大鹏,王雪丹,李丹. 基于云模型的选煤厂 CIMS 环境下数据融合[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2012,10(2):237-241. (FAN Da-peng,WANG Xue-dan,LI Dan. Data fusion of coal separating plant in CIMS based cloudy mode[J]. Terahertz Science and Journal of Electronics & Information Technology, 2012,10(2):237-241.)
- [6] 李子青. 行为分析数据库[CD]. 中科院生物识别与安全技术研究中心, 2010. (LI Zi-qing. Behavior analysis database[CD]. The Chinese Academy of Sciences Center for biometrics and security research, 2010.)
- [7] Bremond F,Thonnat M,Zun I M. Video understanding framework for automatic behavior recognition[J]. Behavior Research Methods Journal, 2006,38(3):416-426.
- [8] Ang L,Suter D. Learning and matching of dynamic shape manifolds for human action recognition[J]. IEEE Trans. on image Processing, 2007,16(6):1646-1661.
- [9] Poppe R,Poel M. Example based pose estimation in monocular images using compact Fourier descriptor, TR2CTIT- 205249[R]. Enscheda:University of Twente, 2005.
- [10] 万卫兵. 智能视频监控中目标检测与识别[M]. 上海:上海交通大学出版社, 2010. (WAN Wei-bin. Target detection and identification in intelligent video surveillance[M]. Shanghai:Shanghai Jiao Tong University Press, 2010.)

作者简介:



陈燕平(1963-), 男, 四川省绵阳市人, 副教授, 主要研究方向为人工智能, 行为识别.

李 敏(1975-), 男, 四川省绵阳市人, 在读博士研究生, 主要研究方向为图像处理技术.

刘 恒(1978-), 男, 四川省绵阳市人, 副研究员, 主要研究方向为图像处理技术, 算法分析.

.....
(上接第 706 页)

- [3] 张葛祥,金炜东,胡来招. 一种有效的 IIR 数字滤波器优化设计方法[J]. 信号处理, 2004,20(2):152-156. (ZHANG Ge-xiang,JIN Wei-dong,Hu Lai-zhao. An Effective Optimization Method for Designing IIR Digital Filters[J]. Signal Processing, 2004,20(2):152-156.)
- [4] 屈星,唐宁,严舒,等. 基于 FPGA 的 IIR 数字滤波器的设计与仿真[J]. 计算机仿真, 2009(8):304-307. (QU Xing,TANG Ning,YAN Shu,et al. Design of IIR Digital Filter Based on FPGA[J]. Computer Simulation, 2009(8):304-307.)

作者简介:

牛宝良(1963-), 男, 陕西省眉县人, 研究员, 主要研究方向为振动控制.email:niubaoliang@163.com.