

约翰逊准则的视频监控目标检测性能评估方法

游瑞蓉^{1,2}, 王新伟², 任鹏道^{1,2}, 何 军², 周 燕²

(1. 中国科学院大学, 北京 100049; 2. 中国科学院半导体研究所光电系统实验室, 北京 100083)

摘要: 针对目前视频监控领域里目标发现、识别和辨认没有统一的国际标准和行业标准问题, 对比分析了传统视频监控目标检测标准和红外热成像约翰逊准则, 提出了基于约翰逊准则的视频监控目标检测性能评估方法, 以等效条纹线对数代替传统模拟视频监控 DRI 标准中的目标-屏幕比, 建立了 CCTV Johnson-DRI 标准。通过线对数绝对量化的评价标准更利于数字视频监控应用中目标发现、识别和辨认的性能评估。最后将提出的 CCTV Johnson-DRI 标准应用到激光夜视系统, 进行了目标发现、识别和辨认实验, 实验结果表明: 所提出方法的有效性以及与传统视频监控 DRI 标准的等效性。该方法可用于白天彩色视频监控, LED/激光夜视等安防视频监控领域目标发现、识别和辨认相关性能的评估及系统指标设计。

关键词: 视频监控; 约翰逊准则; 视频监控目标检测标准; 目标发现; 目标识别; 目标辨认
中图分类号: TP753 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3788/IRLA201645.1217003

Target observation performance evaluation method for video surveillance based on Johnson criteria

You Ruirong^{1,2}, Wang Xinwei², Ren Pengdao^{1,2}, He Jun², Zhou Yan²

(1. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

2. Optoelectronic System Laboratory, Institute of Semiconductors, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Target detection, recognition and identification have no uniform international standards and industry standards in video surveillance currently. Comprehensively compared and analyzed the traditional CCTV DRI standards with Johnson criteria and proposed a target observation performance evaluation method with CCTV Johnson-DRI criteria for video surveillance. Applied equivalent number of line pairs instead of the target-screen ratio in traditional analog video surveillance DRI standards. The absolute quantitative evaluation criteria were more beneficial for evaluating the performance of digital video surveillance systems. Finally, the demonstrated DRI testing in laser night vision, and the experimental results show CCTV Johnson-DRI criteria were effective and equivalent to the traditional video surveillance DRI standards. It showed this method can be using for evaluating and designing system performance for target observation in daytime color video surveillance and LED/laser night vision systems.

Key words: video surveillance; Johnson criteria; video-surveillance DRI standardization; target detection; target recognition; target identification

收稿日期: 2016-04-05; 修订日期: 2016-05-03

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(61205019); 国家自然科学基金(61475150)

作者简介: 游瑞蓉(1991-), 女, 硕士生, 主要从事图像处理及电路与系统方面的研究。Email: youruir@semi.ac.cn

导师简介: 王新伟(1982-), 男, 副研究员, 硕士生导师, 博士, 主要从事激光成像、水下成像等方面的研究。Email: wangxinwei@semi.ac.cn

周燕(1972-), 女, 研究员, 博士生导师, 博士, 主要从事光电成像、光电信号检测方面的研究。Email: zhouyan@semi.ac.cn

0 引言

视频监控已从模拟转向数字时代，被广泛应用于安防、重要目标监控、军事侦察等民用和军用领域^[1-3]。目前视频监控技术，主要有彩色 CCD 监控系统、LED 视频监控系统和激光视频监控系统。其中彩色 CCD 视频监控和 LED 视频监控主要用于城市监控、交通监控、机场监控及重要建筑场所监控等。激光视频监控主要用于边境安防、事搜救、航天测控、车载夜视以及大气及水下低对比度目标探测成像及恶劣环境下的远距离监控等。但目前视频监控领域中的目标发现(Detection)、识别(Recognition)、辨认(Identification)还没有统一的行业标准和国家标准。

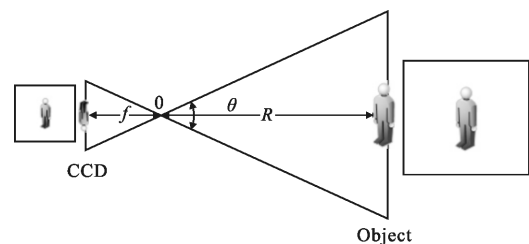
目前视频监控 DRI 标准(Detection-Recognition-Identification Criteria) 主要是针对模拟视频监控以垂直方向屏幕高度比作为发现、识别和辨认判据。为了便于陈述，文中定义垂直方向屏幕高度比例为目标-屏幕比 TSR(Target-Screen Ratio), 即人在视频图像中的像素身高占整幅图像垂直像素数的百分比。当前最具代表性的是由英国内政部科学发展处(HK home office Scientific Development Branch)于 2009 年提出的 CCTV DRI 标准^[4], 并在 2014 年进行了标准细化^[5]。在该标准中, 目标发现定义为 TSR 大于 10% 时, 观测者能确定是否有人存在; 目标识别定义为 TSR 大于 50% 时, 能高度确认目标是否是认识的人; 目标辨认定义为 TSR 大于 100% 时, 能根据图像细节准确确认目标身份。当前视频监控领域大多是结合实际具体应用参考上述标准进行系统设计及目标检测性能评估^[6]。主要存在的问题是: 针对模拟 PAL 制视频监控 DRI 标准所用的 TSR 不能直接用于数字视频监控, 不同分辨率的数字视频监控系统存在不同的 TSR, 不利于用户便捷使用, 增加复杂度。例如, 1080P 数字分辨率格式的监控系统通过 PAL 制等效垂直线转换, 发现、识别、辨认的 TSR 分别为 4%, 19%, 38%; 720P 数字分辨率格式的监控系统发现、识别、辨认的 TSR 分别为 6%, 28%, 56%; VGA 数字分辨率格式的监控系统发现、识别、辨认的 TSR 分别为 9%, 42%, 139%, 详见下文。

综上所述, 针对模拟视频和不同分辨率的数字视频监控建立统一、便捷的 DRI 标准对于视频监控

领域具有重要的现实意义, 尤其是对于非常规数字 CCD/CMOS 图像传感器。为解决上述问题, 文中提出了基于约翰逊准则的视频监控 DRI 标准(CCTV Johnson-DRI criteria)。

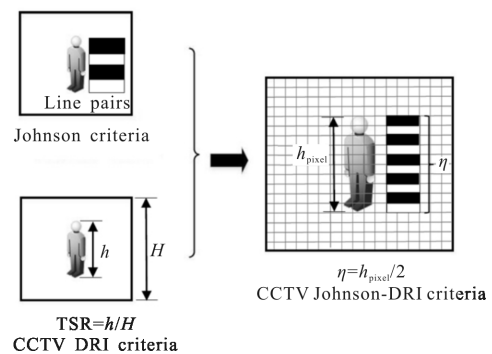
1 视频监控 CCTV Johnson-DRI 标准

视频监控 CCTV Johnson-DRI 标准主要是通过约翰逊准则模型建立视频监控 DRI 线对数, 实现视频监控目标检测标准的绝对量化, 以解决不同分辨率 DRI 不同 TSR 问题, 如图 1 所示。



(a) 摄像机成像模型

(a) Schematic diagram of camera imaging



(b) CCTV Johnson-DRI 标准

(b) CCTV Johnson-DRI criteria

图 1 CCTV Johnson-DRI 标准建立

Fig.1 Principle of CCTV Johnson-DRI criteria

约翰逊准则是在不考虑目标本质和图像缺陷的情况下, 以目标最小尺寸的张角内目标等效条纹数(空间周期数)的分辨力来确定红外热像仪成像系统对目标的识别能力^[7]。约翰逊准则建立在工程实验的基础上, 是目前对系统性能评估具有权威性的理论基础, 并得到了广泛应用^[8]。其是原美国陆军夜视实验室 NVESD 评价现场目标发现、识别和辨认的理论基础, 如表 1 所示。

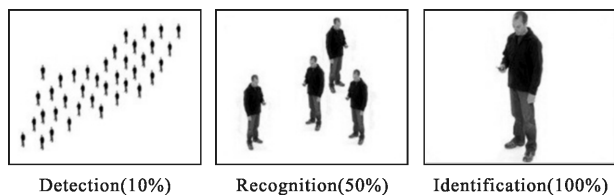
表 1 不同分辨率下 TSR 值

Tab.1 Equivalent TSR for different digital resolutions

| Type | Resolution | Identification | Recognition | Detection |
|-------|-------------|----------------|-------------|-----------|
| PAL | 720×576 | 100% | 50% | 10% |
| 1080P | 1 920×1 080 | 38% | 19% | 4% |
| 720P | 1 280×720 | 56% | 28% | 6% |
| WSVGA | 1 024×600 | 67% | 34% | 7% |
| SVGA | 800×600 | 67% | 34% | 7% |
| VGA | 640×480 | 84% | 42% | 9% |
| 2CIF | 704×288 | 139% | 70% | 14% |
| CIF | 352×288 | 139% | 70% | 14% |
| QCIF | 176×144 | 278% | 139% | 28% |

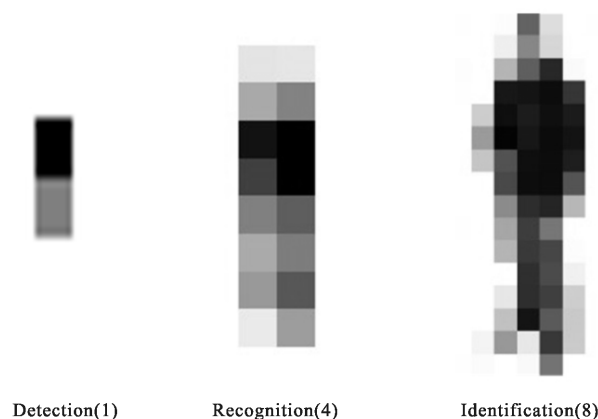
约翰逊准则在 50% 的概率下，发现要求线对数 LP(Line Pairs)至少为 1，能发现有物体存在。识别要求线对数至少为 4，能分清目标物体属于哪一类物体，如为建筑物、汽车。辨认要求线对数至少为 8，能根据观察者的知识描述出目标物体具体属于哪一类，如旅馆、卡车。如图 1(b)所示。

约翰逊准则在红外热成像系统中基于空间周期数判断，更倾向于获取物体的大致形状特征^[9]；不适合普通人观察，而是经过严格训练且合格的军事观测者才具备专业分辨和识别图像的能力，才可进行发现、识别和确认目标的试验^[10]。视频监控 DRI 标准在模拟系统 PAL 视频中基于 TSR 根据成像图像能够发现人，且能够人脸细节特征进行辨识，如图 2(a)所示。CCTV DRI 标准和约翰逊准则的对比如表 2 所示。



(a) 传统 CCTV DRI 标准

(a)Traditional CCTV DRI criteria



(b) 约翰逊准则 DRI 标准

(b) DRI criteria and Johnson criteria

图 2 传统 CCTV DRI 标准与约翰逊准则

Fig.2 Traditional CCTV DRI criteria and Johnson criteria

表 2 CCTV 与约翰逊准则 DRI 标准定义比较

Tab.2 Comparison of DRI definition between CCTV and Johnson criteria

| Type | CCTV DRI definition | TSR | Johnson criteria | LP |
|----------------|--|------|------------------|----|
| Detection | Whether or not a person is present | 10% | Target category | 1 |
| Recognition | Whether an individual is someone they have seen before | 50% | Specific type | 4 |
| Identification | Identity of an individual to be established | 100% | Specific mode | 8 |
| App | PAL | | IR imaging | |

视频监控 DRI 标准是以模拟系统 PAL 视频分辨率定义^[4]。其 576 垂直分辨率标称值由凯尔系数 0.7 调整为 400 条垂直线，等效为垂直方向 400 个像素^[11]。参考约翰逊准则中的条纹线对数概念，如图 1(b)所示，将模拟 PAL 制视频监控中的 TSR 以绝对值线对数如下表示为：

$$n = \frac{h_{\text{pixel}}}{2} \quad (1)$$

式中： h_{pixel} 为目标在图像中像素高度。由公式(1)可获得 CCTV Johnson-DRI 标准，如表 3 所示。

表 3 CCTV Johnson-DRI 标准
Tab.3 CCTV Johnson-DRI criteria

| Type | TSR | LP |
|----------------|------|-----|
| Detection | 10% | 20 |
| Recognition | 50% | 100 |
| Identification | 100% | 200 |

在 CCTV Johnson-DRI 标准中,发现要求线对数为 20,即目标高度像素数应为 40,观测人员能确定是否有人存在;识别要求线对数为 100,即目标高度像素数应为 200,能高度确认目标是否是认识的人;辨认要求线对数为 200,即目标高度像素数应为 200,能根据图像细节准确确认目标身份。

在视频监控实际应用中,视频监控系统监控范围是相对固定的。用户需根据目标发现、识别、辨认等需求设置系统参数,如焦距等。镜头成像视场基本原理图 1(a)为典型视频监控系统的摄像机模型。 f 为镜头焦距, R 为目标物体距监控系统的距离, i 为 CCD 垂直向像元尺寸, I 为垂直向成像空间分辨率。

根据 CCTV Johnson-DRI 标准,高度为 h 的人投影到 CCD 上需要满足

$$\frac{fh}{Ri} > 2\eta \quad (2)$$

式中: η 为目标发现、识别、辨认对应的线对数。当用户设定探测工作距离范围后,相应地焦距满足:

$$f < \frac{2i\eta R}{h} \quad (3)$$

2 实验验证

为了验证所提的 CCTV Johnson-DRI 标准在视频监控中的有效性,尤其是非常规视频监控用数字 CCD,文中进行了激光夜视实验。实验中所用激光夜视系统主要由脉冲激光光源、数字 CCD 和上位机控制系统组成。其中,激光波长 808 nm,成像镜头焦距范围为 12~660 mm,数字 CCD 像元尺寸为 4.3 μm ,像素大小为 1024×1024,目标人物的高度为 1.75 m,宽度为 0.5 m。根据公式 (3),该系统在不同距离下发现、识别、辨认对应的焦距关系为图 3 所示。

实验中,目标人距离成像系统约 120 m。由图 3 可知,当目标距离为 120 m 时,辨认、识别和发现的

焦距为 118 mm,59 mm,12 mm。目标辨认实验结果如图 4 所示。系统焦距为 12 mm,目标人物成像线对数为 200。激光夜视成像系统输出的图像如图 4 (a)所示,图 4(b)为该图像的 PAL 制等效图。

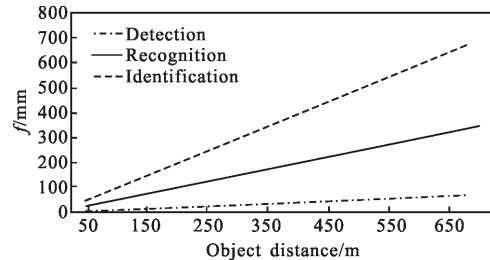


图 3 发现、识别和辨认条件下焦距与目标距离关系

Fig.3 Relationship between focus and distance in condition of DRI



(a) 实验结果

(b) PAL 制等效图

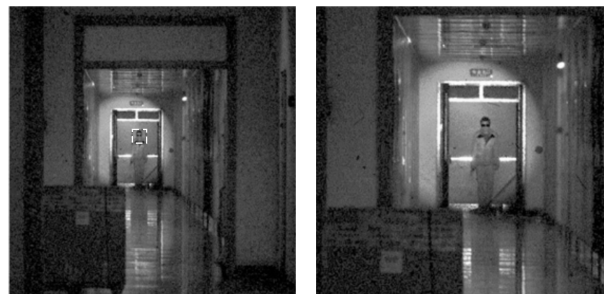
(a) Experiment result

(b) PAL equivalent figure

图 4 CCTV Johnson-DRI 目标辨认实验结果(线对数=200)

Fig.4 CCTV identify result and PAL equivalent figure

目标识别实验结果如图 5 所示。系统焦距为 59 mm,目标人物成像线对数为 100。激光夜视图像如图 5(a)所示,图 5(b)为该图像的 PAL 制等效图。



(a) 实验结果

(b) PAL 制等效图

(a) Experiment result

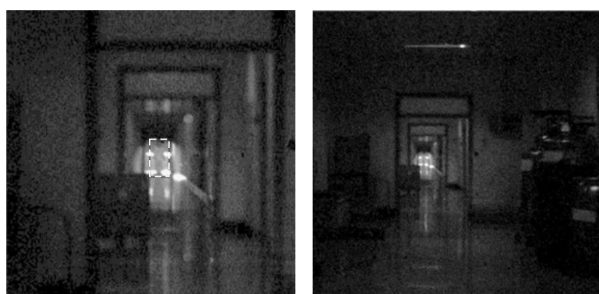
(b) PAL equivalent figure

图 5 CCTV Johnson-DRI 目标识别实验结果(线对数=100)

Fig.5 CCTV recognize result and PAL equivalent figure

目标发现实验结果如图 6 所示。根据目标发现要求系统焦距为 118 mm,目标人物成像线对数为

20。激光夜视图像如图 6(a)所示,图 6(b)为该图像的 PAL 制等效图。

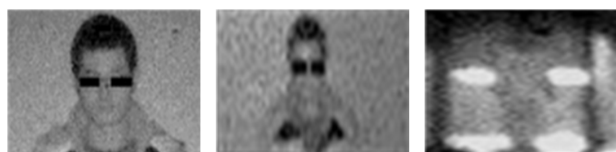


(a) 实验结果 (b) PAL 制等效图
(a) Experiment result (b) PAL equivalent figure

图 6 CCTV 发现结果与 PAL 等效图(线对数=20)

Fig.6 CCTV detect result and PAL equivalent figure

在实验中,为了凸显激光夜视效果,激光视场小于成像视场,与实验楼道宽度一致。为了进一步比较不同 DRI 标准下目标 DRI 结果,图 7(a)、(b)、(c)分别是图 4(a)、5(a)、6(a)中虚线窗口区的放大图。图 7(a)目标五官清晰,根据图片细节能准确地确定目标身份。图 7(b)成像五官较为清晰,结合观察人员对认识的人的先验知识,其根据目标人员服装、发型、体型和和体态等外貌特征,能确认目标是否是认识的人。图 7(c)有成像人物的轮廓,能确定是否有人存在。考虑人员隐私将眼睛部位进行了遮蔽处理。



(a) 辨认细节图 (b) 识别细节图 (c) 发现细节图
(a) Identify detail (b) Recognize detail (c) Detect detail

图 7 CCTV 辨认、识别、发现细节图

Fig.7 CCTV identify, recognize and detect detail figure

实验证明 CCTV Johnson-DRI criteria 能有效运用在视频监控系统中,成像质量能够满足 DRI 的要求,与传统视频监控 DRI 标准的建立良好的等效性。

3 结论

对传统视频监控与红外热成像的 DRI 标准进行了对比分析,提出了基于约翰逊准则的视频监控 DRI 标准。该标准结合传统视频监控 DRI 标准成像

质量要求以及红外热成像约翰逊准则线对数绝对量化的优点,使视频监控 DRI 标准具有更高的适用性和统一性,解决了从传统模拟视频监控到数字视频监控中不同分辨率造成 TSR 不同引起的实用性低的问题,提高了标准的便捷性。将该标准应用到激光夜视系统中,利用摄像机模型对激光视频监控系统进行 DRI 检测参数的设定,实验结果表明了所提出的方法在视频检测目标中的有效性以及与传统视频监控 DRI 标准的等效性。该方法可用于传统白天彩色视频监控,LED/激光夜视等安防、侦察视频监控领域目标发现、识别和辨认相关性能的评估及系统指标设计。

参考文献:

- [1] Hu Jiangtao. Video Surveillance System Application [M]. Beijing: Legal Publishing House, 2015: 35-50. (in Chinese)
胡江涛. 视频监控系统应用[M]. 北京: 法律出版社, 2015: 35-50.
- [2] Belyaev E, Vinel A, Surak A, et al. Robust vehicle-to-infrastructure video transmission for road surveillance applications[J]. *IEEE Transactions on*, 2015, 64(7): 2991-3003.
- [3] Seungmin Rho, Wenny Rahayu, Uyen Trang Nguyen. Intelligent video surveillance in crowded scenes [J]. *Information Fusion*, 2015, 24: 1-2.
- [4] Cohen N, Gattuso J, MacLennan-Brown K. CCTV Operational Requirements Manual [M]. UK: Home Office Scientific Development Branch, 2009: 14-15.
- [5] Tony Mansfield. Adding value to CCTV: Issues in Testing of Facial Recognition Systems[M]. UK: Home Office Scientific Development Branch, 2014: 4-12.
- [6] Ruud N P, Ernst Koningsveld, Paul Settels. Meeting Diversity in Ergonomics [M]. Holland: Elsevier Science Ltd, 2007: 100-150.
- [7] Gerald C Holst. Electro-Optical Imaging System Performance [M]. 4th, Beijing: National Defense Industry Press, 2015: 30-40.
- [8] Fan Jinxiang, Li Liang, Li Wenjun. Development of direct infrared countermeasure system and technology [J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2015, 44(3): 789-794. (in Chinese)
范晋祥, 李亮, 李文军. 定向红外对抗系统与技术的发展 [J]. 红外与激光工程, 2015, 44(3): 789-794.
- [9] Chen Yanfei, Wang Liheng, Wang Hongwei. New method to estimate IR imaging operating spatial resolution [J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2014, 43(1): 33-38. (in Chinese)

- 陈艳菲, 王利恒, 王洪伟. 估算红外成像作用空间分辨率的新方法[J]. 红外与激光工程, 2014, 43(1): 33-38.
- [10] Lu Yuhua, Li Hongsheng, Liu Jianxuan. The evaluation of night vision of active near infrared camera and its application in the field of security monitoring [J]. *Security*, 2015, (20): 81-84. (in Chinese)
- 卢玉华, 李红升, 刘荐轩. 主动近红外摄像机夜间作用距离评价及其在安防监控检测领域中的应用 [J]. 中国安防, 2015, (20): 81-84.
- [11] Lu Baichuan. The Popular Edition of Radio and Television Digital [M]. Beijing: International Broadcasting Publishing House of China, 2007: 100-150. (in Chinese)
- 杜百川. 广播影视数字化普及读本[M]. 北京: 中国国际广播出版社, 2007: 100-150.