

异视场多目标匹配跟踪技术^①

曲巨宝

(武夷学院 数学与计算机系, 武夷山 354300)

摘要: 针对宽泛条件下不同视域场景多摄像机多目标的匹配跟踪问题, 提出了一种基于纯目标的强鲁棒自适应 SIFT (Scale Invariant Feature Transform) 特征匹配算法。该方法为每个从视频图像中提取出的纯目标设置一个 CamShift(Continuously Adaptive Mean Shift)跟踪器, 利用自适应尺度空间因子提取目标的细节特征, 采用基于 BBF(Best Bin First)的双向匹配策略去除误匹配点, 当目标的关键点数量太少, 无法满足计算三维二次函数精确关键点位置时, 构造了自适应尺度 Harris 角点检测法增补新点。通过对户外车辆、人员等在不同场景下的连续跟踪实验表明, 本算法实时性好、自适应能力强, 与其他算法相比, 匹配耗时少, 跟踪精度高。

关键词: 异视场; 多目标; 自适应 SIFT 匹配; 连续跟踪; CamShift 跟踪器

Multi-Objective Matching Track in Different Scene

QU Ju-Bao

(Department of Mathematics & Computer, Wuyi University, Wuyisha 354300, China)

Abstract: According to the continuous tracking of multi-camera to multi-objective under the broad condition for different scene, this paper proposes a matching algorithm based on characteristics of the pure goal of robust adaptive SIFT (Scale Invariant Feature Transform). This method establishes a CamShift (Continuously Adaptive Mean Shift) tracking device for each pure goal which withdraws from the video image. It uses adaptive criterion space factor to get detail characteristic of goal. It uses the bilateral matching strategy based on BBF (Best Bin First) to elimination the error matching points. When the quantity of the goal key points is too few to satisfy the calculation the precise key point position of computation three dimensional quadratic function, it designs the adaptive criterion Harris vertex examination law to supplement the new spot. The experiment of continuous tracking outdoor vehicles in different settings indicates that this algorithm timeliness is good and its adaptive ability is strong. Compared with other algorithms, this algorithm consumes less match time, but is high in tracking precision.

Key words: different scene; multi-objective; Adaptive SIFT matching; continuous tracking; CamShift tracking device

视频监控技术已经被广泛地应用在社会治安、现代交通、飞行制导等运动目标的监视与跟踪上, 多摄像机多目标连续跟踪已经成为计算机视觉应用领域研究的热点。文献[1]提出了在摄像机之间有重叠视域情况下的连续跟踪方法, 但重叠的视域限制了有效的监控范围; 文献[2]通过拟和目标物的运动轨迹实现对目标物一致性判别跟踪, 但该方法的准确度取决于运动轨迹的长度; 文献[3]将目标进出视野域的时间和空间作为约束条件, 结合颜色-空间直方图匹配方法实现目

标连续跟踪, 但受目标运动速度、位置和场景光照影响较大; 文献[4]利用目标中心到同步视频的摄像机视野分界线的距离实现多摄像机之间的目标交接, 该算法缺点是当两个摄像机间在重叠区域较小的时候视野分界线获取困难, 甚至无法获取, 而且该算法仅用一条直线来区分目标, 当同时有几个目标出现在分界线周围时候, 目标区分度很差。文献[5]提出了一种以最稳定极值区域作为匹配特征的人体跟踪方法, 在一定程度上减小了摄像机增益及光谱特性的影响。但

① 基金项目:福建省自然科学基金(2006J0414)

收稿时间:2011-01-11;收到修改稿时间:2011-02-26

该方法必须建立在人体目标已经被正确提取,且完全无遮挡情况下。文献[6]将 Mean Shift 与 SIFT 组合,使算法在跟踪稳定性上有所提高,但被跟踪目标需要手动选择,缺乏灵活性。文献[7]对整张图像进行 SIFT 变换,将匹配的关键点作为图分割的种子点,虽然识别准确,并能解决一定程度的遮挡问题,但算法需要被识别物体的先验信息,并且由于是对整幅图像进行 SIFT 匹配,实时性较差。文献[8]通过对目标的 SIFT 特征进行实时更新去除由噪声带来的“过时”特征信息,提高了特征的稳定性和匹配的准确度。但该方法只能局限于单摄像机固定场景下使用。为此,本文提出一种无重叠域、约束少、易于布控、适宜于多摄像机的自适应 SIFT 匹配跟踪算法。通过提取不同视频图像中的纯目标区域(无背景无阴影),使用经过自适应尺度空间因子、BBF 双向匹配策略和自适应尺度 Harris 角点检测等方法改进后的 SIFT 匹配算法,实现不同场景下多目标的接续跟踪。

1 纯目标检测与链表建立

多摄像机目标跟踪实际上就是目标从一个摄像机视野进入到另一个摄像机视野的交接问题。由于场景光照不同、背景各异、摄像机参数不同,给跟踪造成很大障碍。为此本文采用静噪能力强、检出速度快的中值滤波法建立背景均值图像,通过背景差获取目标区域,再去除背景和阴影得到纯目标(因为背景会混淆目标的特征,阴影会改变目标的形状)。

1) 利用中值滤波法建立背景均值图像:将视频中连续的 L 帧图像存入到图像缓冲区,然后计算这 L 帧图像同位置像素的平均值,得到第 k 帧的背景均值图像:

$$B_k(x, y) = \text{median}\{I_k(x, y), \dots, I_{k-L}(x, y)\} \quad (1)$$

式中, $I_k(x, y)$ 为像素点坐标为 x、y 的第 k 帧图像。

由于目标移动、光照改变会使背景像素发生变化,因此背景图像要实时更新。当前帧与背景均值图像对应像素差值小于某个阈值时,背景像素保持不变,否则采用下面动态更新公式:

$$B_{k+1}(x, y) = \begin{cases} B_k(x, y), & \text{if } |I_{k+1}(x, y) - B_k(x, y)| < \delta \\ \alpha \cdot I_{k+1}(x, y) + (1 - \alpha) \cdot B_k(x, y), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

式中: $\alpha \in (0, 1)$ 为更新系数, α 越大背景更新速

度越快; δ 为帧差阈值。

2) 利用背景帧差法获取运动目标:将当前帧图像同背景图像相减,如果差值小于阈值 δ , 则认为是背景图像,并置 0; 反之,就是目标图像。

目标图像模型如下:

$$M_{k+1}(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{if } |I_{k+1}(x, y) - B_k(x, y)| < \delta \\ I_{k+1}(x, y), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

3) 剪除目标阴影获得纯目标:在目标检测中,阴影常常伴随着目标同时出现,给后续的目标特征信息提取造成很大障碍。目前阴影检测的方法主要有基于模型和基于特征两种方法^[9]。本文采用能够比较精确地反映灰度和色彩信息的 HSV 色彩特征空间进行阴影剪除。通过对 HSV 色彩空间分析发现,相对背景区域来说,目标形成的阴影使背景差在 HSV 分量上产生不同的变化。阴影使亮度变暗, V 分量会有较大下降;饱和度 S 分量和色度 H 分量变化较小。将第 k 帧视频图像 $I_k(x, y)$ 与背景图像 $B_k(x, y)$ 在 H、S、V 三分量上做背景差,若差分均小于某个阈值,则为阴影点,并置 0; 否则为目标点。检测模型如下:

$$M_k(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{if } \alpha^V \leq I_k^V(x, y) / B_k^V(x, y) \leq \beta^V \\ & \text{and } |I_k^S(x, y) - B_k^S(x, y)| < \delta^S \\ & \text{and } |I_k^H(x, y) - B_k^H(x, y)| < \delta^H \\ M_k(x, y), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

式中, I^H 、 I^S 、 I^V 与 B^H 、 B^S 、 B^V 分别表示当前帧和背景帧在(x,y)点处像素值的 H、S、V 分量; $0 \leq \alpha^V \leq \beta^V \leq 1$; δ^H 、 δ^S 分别为色度、饱和度分量的阈值, α^V 、 β^V 是亮度分量的界定阈值。实验中: $\alpha^V = 0.1$, $\beta^V = 0.8$, $\delta^H = 0.2$, $\delta^S = 0.4$ 。

经过阴影剪除后,目标的背景和阴影部分都被置成 0, 而目标区则为原目标位置的像素值。

4) 建立目标链表:经过上述处理后得到的目标仍存在离散的噪声点和孔洞,因此本文采取数学形态学开运算去除噪声,使用闭运算填充前景区域的小孔洞,再通过连通性检测用最大外接矩形分离各个目标图像,并分别标号后按顺序存储到目标链表中。

5) 纯目标检测实验:如图 1 所示,从视频中截取一帧图像,利用本节方法进行背景帧差分运算后获得运动目标,经消除阴影背景和标号得到目标链表。由于 HSV 空间的亮度敏感性使得阴影剪除效果非常好。

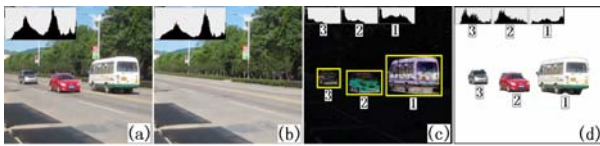


图 1 纯目标检测与链表建立

2 目标分类跟踪策略

由于在同一视场内噪声干扰相对较少,不同视场间干扰较多,因此对目标进行跟踪时采用两种策略:即在同视场(同一个摄像机视域内)使用 CamShift 算法跟踪目标;而在异视场(不同摄像机间)则采用 SIFT 特征匹配算法实现目标的连续接力跟踪。

下面给出使用 CamShift 算法实现同视场目标跟踪的设计过程: CamShift 算法是通过计算 H 分量投影图中目标区各阶矩获得目标尺度和转角,依靠连续迭代获取目标质心位置的^[10]。首先对视频中的第 k 帧图像采用第 1 节的方法,检测出纯目标并建立纯目标链表,然后给每个纯目标设置一个 CamShift 跟踪器 $T_k^i(x, y)$, 并存入跟踪器链表;通过迭代计算每个目标的一阶矩,搜索窗口质心,更新矩形搜索窗尺寸,最后输出跟踪目标质心;当目标发生遮挡、融合、分离、移入、移出时,可以通过增减跟踪器实现对目标的动态管理。

3 自适应 SIFT 算法

为实现对目标在不同摄像机、不同场景下连续接力跟踪,就需要对目标中具有高度辨别性的特征进行自动提取,使得该特征对旋转、尺度缩放、亮度变化能保持不变性,对仿射变换、视角变化、噪声也保持一定程度的稳定性,在混乱和遮挡情况下也可以鲁棒地识别目标, SIFT 算法具备了上述优点。它是通过建立图像二维尺度空间和 DoG(Difference of Gaussian)高斯差分空间,检测局部关键点的位置、尺度和方向特征,利用 SIFT 特征向量,对两幅图像的 SIFT 特征进行匹配以实现跟踪的^[6]。但是在视频图像目标跟踪中,对不同摄像机获得的图像直接进行整幅图像间的 SIFT 关键点计算和匹配,既浪费时间又达不到目标匹配与跟踪的效果,何况整幅图像的 SIFT 关键点不一定是目标区域的关键点。应将图像先进行目标区域分割,再对目标区域实施 SIFT 特征匹配算法。然而相对于整幅图像,目标区域往往比较小,且随时都在变化,进

行关键点获取时,仅凭经验确定尺度因子或阈值大小既无法适应变化的目标,也无法保证关键点的数量和质量。因此本文提出了三种改进 SIFT 算法的方法,以提高其自适应能力。

3.1 自适应尺度空间因子

在生成图像尺度空间时,大尺度空间因子对应图像的概貌特征,小尺度空间因子对应图像的细节特征。为了能够更好的突出图像目标的细节特征, σ 不宜太大,但太小又导致关键点数量减少、可重复性降低。通过试验统计发现,随着尺度因子从 0 逐渐变大,图像的细节特征逐渐加强,关键点数量稳步提高,当 σ 在 1.6 附近时出现临界值,虽然所需时间仍不断增加,但图像特征模糊,关键点数目开始逐渐减少。为此,本文提出了基于目标的自适应尺度因子算法,该算法能够根据目标集与整幅图像面积比,自动调整尺度因子大小,从而自适应提取图像的特征。

$$\sigma_k = \begin{cases} 1.6(1 - \frac{S_{\max}}{S_0}), & \text{if } S_{\max} < \frac{S_0}{16} \\ 1.6 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

式中, σ_k 是第 k 帧图像的尺度因子值, S_0 是图像的面积, $S_{\max} = \text{MAX}(S_i)$, S_i 是图像中第 i 个目标的矩形面积。在构建高斯金字塔影像时,将第一阶的原始图像高斯核参数值置为 σ_k ,其它阶的第一幅由前阶的首幅图像以降采样 2 倍得到。

3.2 基于 BBF 算法的双向匹配

在进行欧氏距离匹配时,同一个关键点可能有多个方向,其中的部分方向也可能产生正确的匹配点对,但是实际上却是同一个点。为避免这种情况,本文采用双向匹配算法,即在第一次匹配结果基础上,反过来求第二个特征集中已被匹配的关键点在第一个特征集中的匹配,若为同一点则认为正确的匹配,否则去除。为了提高检索速度,本文采用 BBF 算法^[11]来寻找最近邻和次近邻比值在 τ 以内的最邻近点,避免了对阈值 τ 外的点做不必要计算。实验中比值 τ 取 (0.5~0.8)。适当降低阈值,会增加匹配点的正确率,但匹配点数也会相应减少。

3.3 自适应尺度 Harris 角点检测

经典 SIFT 算法能保证在每个尺度检测到的极值点为各个尺度内的关键点,却不能保证这些关键点在不同的尺度都能出现。当目标太小时检测到的关键点

数量太少,无法达到精确定位所需的 3 对以上要求(达到子像素精度)^[12]。为此,本文提出采用自适应尺度 Harris 角点检测法弥补 SIFT 算法匹配点对数量不足的应对策略:当匹配点对数量不够 3 对以上时就启动 Harris 角点检测法,寻找其他关键点。Harris 角点检测法^[13]具有计算简单、算子稳定、角点特征均匀合理、能定量提取不同尺度下的特征点。具体算法如下:

设 $I_x(x, y), I_y(x, y)$ 分别是图像 $I(x, y)$ 在 x, y 方向的一阶偏导,则不同尺度处角点度量 M 矩阵为:

$$L_x^2(x, y, \sigma_k) = G(x, y, \sigma_k) * I_x^2(x, y) \quad (6)$$

$$L_y^2(x, y, \sigma_k) = G(x, y, \sigma_k) * I_y^2(x, y) \quad (7)$$

$$L_{xy}(x, y, \sigma_k) = G(x, y, \sigma_k) * I_x(x, y)I_y(x, y) \quad (8)$$

$$\mathbf{M}(x, y, \sigma_k) = \begin{bmatrix} L_x^2(x, y, \sigma_k) & L_{xy}(x, y, \sigma_k) \\ L_{xy}(x, y, \sigma_k) & L_y^2(x, y, \sigma_k) \end{bmatrix} \quad (9)$$

其中, $G(x, y, \sigma_k)$ 是高斯函数, $\mathbf{M}(x, y, \sigma_k)$ 是尺度 σ_k (采用自适应尺度公式 5 计算)处的 M 矩阵。

令 $\det(\mathbf{M}(x, y, \sigma_k))$ 为矩阵的行列式值, λ 为经验值(实验中取 0.05), $\text{trace}(\mathbf{M}(x, y, \sigma_k))$ 为矩阵的迹。则在尺度 σ_k 处的 Hariss 角点响应函数为:

$$R(x, y, \sigma_k) = \det(\mathbf{M}(x, y, \sigma_k)) - \lambda \cdot \text{trace}^2(\mathbf{M}(x, y, \sigma_k))$$

当某点 $d(x, y)$ 的 Harris 角点响应值 $R(x, y, \sigma_k)$ 大于设定阈值 μ 时(实验中取 0.01),可以判定该点就是角点。为保证 Harris 角点不是 SIFT 已经检出的关键点,对新检测出的角点进行取舍:当角点坐标与关键点坐标相同时,就丢掉角点,保留 SIFT 关键点;否则保留角点,并作为关键点加入到关键点队列中。

4 异视场目标匹配跟踪策略与算法流程图

假设在时刻 t_1 ,从摄像机 C_1 中检测到 n_1 个纯目标,在时刻 t_2 ,从摄像机 C_2 中检测到 n_2 个纯目标。利用上节改进的自适应 SIFT 匹配算法对各目标所构成的目标区域进行关键点检测,将检测到的所有关键点依次加入到各自的链表 L_1 和 L_2 中,并通过下面的过程进行区域关键点匹配:

Step1: 提取链表 L_1 中一个关键点,在 L_2 中查找是否存在与之 SIFT 特征匹配的关键点;若存在,则将这两个关键点所在的目标区域间的匹配度加 1;

Step2: 重复执行 Step1,依次遍历 L_1 中所有的关键点,得到 C_1 与 C_2 中任意两个目标区域间的匹配度。

Step3: 每组匹配度最大的一对目标区域就是匹配目标;如果 C_1 的目标区域存在 2 个及以上匹配 1 个 C_2 的目标区域,或 C_2 的目标区域存在 2 个及以上匹配 1 个 C_1 的目标区域,则调用双向匹配策略去掉其中一对。

本文算法总体实现过程流程图如图 2 所示。

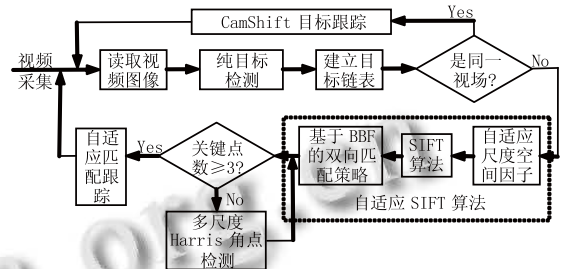


图 2 本文算法总体实现过程流程图

5 实验结果及分析比较

5.1 算法实验结果

本实验系统选择了多个摄像头无重叠视野的室外监控场景进行仿真实验,视频分辨率为 480×340 ,图像采集帧率为 25f/s,实验软件环境:WinXP, VC++ 6.0 和 OpenCV 软件,运行于 Core2(3+2.99)GHz, 1.85G 内存的 PC 机上。

下面通过几组不同摄像机视频截图对多场景目标接续跟踪进行实验,以验证本算法的正确性。

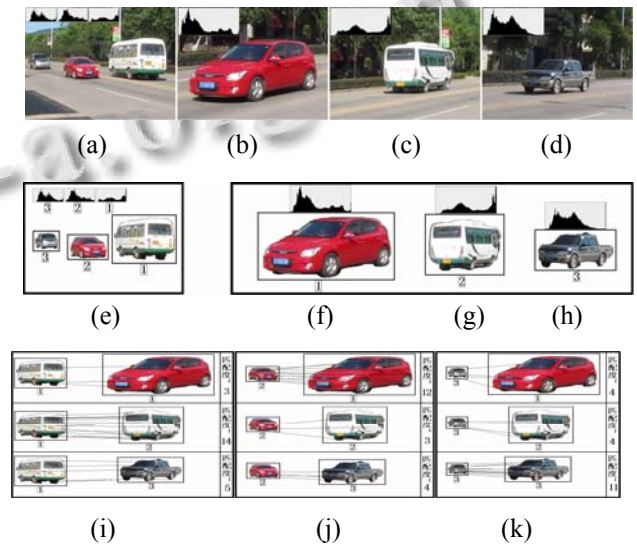


图 3 基于纯目标的自适应 SIFT 匹配跟踪 (a~d) 不同场景视频截图; (e~h) 纯目标及链表; (i~k) 目标匹配过程

图 3(a)是某一场景的视频截图,图 3(b~d)是其他场景的截图。首先对图 3(a~d)使用第 1 节方法获取纯

目标区域和链表如图 3(e~h)所示。将图 3(e)与图 3(f~h)进行 Step1 到 Step3 的异视场目标匹配,得到相应的匹配度如图 3(i~k)所示。由于本文使用的是纯目标,所以目标区域特征匹配度最大者即为最相似者,从实验结果可以看出,算法对异视场中多目标的接续跟踪是成功的。

5.2 同算法分析比较



图 4 PETS2001 视频目标检测

(a~b)不同场景视频截图;(c~d)纯目标及链表

为了进一步验证本算法在不同场景下的跟踪性能,分别采用文献[6]、文献[7]算法和本文算法,对 PETS2001 公共视频库中的相同视频进行离线仿真跟踪比较,如图 4 所示。使用第 1 节方法获取了两组纯运动目标,每组中有 2 辆车和 1 个人。使用这三种算法跟踪这段视频,其匹配点检出数量及耗时和准确率如表 1 所示。从表中可以看出,由于本文算法是从纯目标中提取关键点,且采用的是自适应 SIFT 算法,所以总体计算量少,匹配速度快,精度高。尽管两个视频的光照强度、视角有较大不同,时常还有目标间的相互遮挡,但各项跟踪指标优于其他算法,取得了比较理想的效果。

表 1 不同算法跟踪耗时和准确率

	检出匹配点 配点数	正确匹配 配点数	耗时 (s)	准确率 (%)
文献[6]算法	897	732	15	79.6
文献[7]算法	1534	1270	28	83.2
本文算法	83	77	2.6	92.3

图 5 给出了三种算法对上面视频中一个目标(黑色轿车)跟踪的均方差仿真结果。将每种算法的跟踪结果中心点与目标真实中心点间的均方差做为纵轴,将视频帧做为横轴,而目标真实中心由手工逐帧标定。从图 5 可以看出:在最初跟踪中三种算法都能较正确跟踪到目标,但到 200 帧后,受到遮挡和亮度变化影响,文献[6]、[7]算法跟踪结果已明显不再准确,而本文算法在整个过程中都能一直保持对目标准确而稳定的跟踪,其跟踪结果与目标真实位置的误差最小,完全能

满足实时跟踪目标的精度要求。

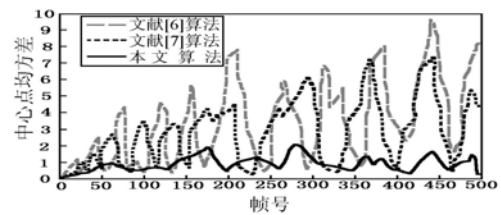


图 5 目标中心点均方差仿真

6 结语

本文提出了基于纯目标的强鲁棒自适应 SIFT 特征匹配算法。首先从摄像机视频截图中获得没有阴影,也没有背景干扰的纯目标,然后使用自适应 SIFT 算法从纯目标中提取关键点,并进行特征匹配;设计了一种能随目标大小变化的自适应尺度空间因子法提取目标的细节特征;为了去除误匹配点,采用了基于 BBF 的双向匹配策略;用自适应尺度 Harris 角点检测法增补角点作为关键点,弥补因目标太小或阈值过低造成的关键点数量少,无法精确计算关键点位置所存在的不足。通过实验证明,本文方法自适应能力强、实时性好、对环境要求低、易于工程实现。

参考文献

- 1 Khan S, Shah M. Consistent labeling of tracked objects in multiple cameras with overlapping fields of view. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2003, 25(2):32-36.
- 2 Chen WH, Xiao DG. A real-time surveillance system for disjoint multiple cameras. *Computer Engineering and Applications*, 2006,18(5):218-220.
- 3 Shen MJ, Ou YN, Mo JW. Multi-camera object tracking. *Modern Electronics Technique*, 2009,299(12):61-63.
- 4 Niu EG, Cheng YM, Pan Q. Fast Algorithm for automatic generating field of view line of multiple cameras. *Application Research of Computers*, 2007,24(3):297-299.
- 5 Zhang L, Liu JL. Human tracking method based on maximally stable extremal regions with multi-cameras. *Journal of Zhejiang University (Engineering Science)*, 2010,44(6):1092-1097.
- 6 Zhou HY, Yuan Y, Shi CM. Object tracking using SIFT features

(下转第 173 页)

```

Server.CreateObject("aims.ArcIMSConnector")
mConnector.ServerName = strHostName
mConnector.ServerPort = 5300
Set mMap = Server.CreateObject("aims.Map")
resultInit = mMap.InitMap(mConnector,
"gaservice")
mMap.Width=590
mMap.Height=468
mMap.BackColor = 15130848
Set Session("MapObj") = mMap
Session("LayerCount") = mMap.Layers.Count
resultMap=mMap.DoZoomToFullExtent()
resultRefresh = mMap.Refresh()
然后通过下列代码来将地图图像在客户端浏览器

```



图3 系统界面

中显示。

```

mapurl = mMap.GetImageAsUrl()
.....
<input type="image" src="<%=mapurl%>"
name="map">

```

本系统界面如图 3 所示:

4 结语

随着 WebGIS 在各行各业的深入应用以及公众对空间数据的需求的日益增多, 结合面向对象软件开发技术的组件式 WebGIS 开发模型也必将得到广泛应用, 因组件化编程可快速实现小型的组件重用、代码共享, 从而提高编程效率, 降低开发成本。本文使用 ActiveX 技术开发了一个警务地理信息系统, 已投入使用, 运行状态良好, 但由于 ActiveX 的系统存在安全隐患, 若要安全使用 ActiveX 技术, 最重要的是加强使用限制。

参考文献

- 1 彭义春, 韩晓龙. 基于 ARCIMS 的公众查询系统的研究与实现. 电脑编程技巧与维护, 2009, (20).
- 2 杨建宇, 杨崇俊, 刘冬林, 等. 基于组件的 WebGIS 关键技术研究. 小型微型计算机系统, 2005, 26(6).
- 3 王东冬, 吴明, 王卫强, 等. WebGIS 在长输管道中的应用. 石油化工自动化, 2006.
- 4 常伟. 应用型 WebGIS 组件化的研究与应用. 长沙: 湖南大学, 2009.
- 5 彭义春, 韩晓龙. 基于 ARCIMS 的公众查询系统的研究与实现. 电脑编程技巧与维护, 2009, (20).
- 6 杨建宇, 杨崇俊, 刘冬林, 等. 基于组件的 WebGIS 关键技术研究. 小型微型计算机系统, 2005, 26(6).
- 7 王东冬, 吴明, 王卫强, 等. WebGIS 在长输管道中的应用. 石油化工自动化, 2006.
- 8 常伟. 应用型 WebGIS 组件化的研究与应用. 长沙: 湖南大学, 2009.
- 9 Qu JB. Multi-scene relay track based on improving camShift. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science), 2010, 27(6):69-72.
- 10 Lowe DG. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2):91-110.
- 11 Ke T, Zhang YJ. The application of SIFT features in the automatic matching for low altitude aerial images. Science of Surveying and Mapping, 2009, 34(4):23-26.
- 12 Harris C, Stephens M. A combined corner and edge detector. Proc. of the 4th Alvey Vision Conference. Manchester, England, 1998:147-151.

(上接第 111 页)

- and mean shift. Computer Vision and Image Understanding, 2009, 113(3):345-352.
- 7 Suga A, Fukuda K, Takiguchi T, Ariki Y. Object recognition and segmentation using SIFT and graph cuts. Proc. of the 19th International Conference on Pattern Recognition. Tampa, USA: IEEE, 2008, 1:254-259.
 - 8 Lin HF, Ma YF, Song T. Research on object tracking algorithm based on SIFT. ACTA Automatica Sinica August, 2010, 36(8):1204-1208.
 - 9 Zhang JX, Zhang JH, Guo S. Adaptive motion object shadow detection algorithm. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(4):56-58.