**哈尔滨工业大学**

**硕士学位论文中期报告**

**题 目：基于视觉的运动区域检测与异常行为方法研究**

**院 （系）**

**学 科**

**导 师**

**研 究 生**

**学 号**

**中期报告日期**

**研究生院制**

**二〇一三年三月**

目录

[1 课题主要研究内容及进度情况 1](#_Toc350846884)

[2 目前已完成的研究工作及结果 1](#_Toc350846885)

[2.1 光流特征提取 1](#_Toc350846886)

[2.2 混合概率主成分分析 1](#_Toc350846887)

[2.3 局部状态的学习模式 2](#_Toc350846888)

[2.4 马尔科夫随机场 3](#_Toc350846889)

[2.5 高斯混合模型的运动区域检测 5](#_Toc350846890)

[3 后期拟完成的研究工作及进度安排 6](#_Toc350846891)

[3.1 时空MRF模型的贝叶斯推理 6](#_Toc350846892)

[3.2 时空MRF模型自更新 7](#_Toc350846893)

[3.3 算法的实现 8](#_Toc350846894)

[3.4 实验 8](#_Toc350846895)

[4 存在的困难与问题 8](#_Toc350846896)

[5 如期完成全部论文工作的可能性 8](#_Toc350846897)

[6 参考文献 8](#_Toc350846898)

# 课题主要研究内容及进度情况

课题主要研究建立视频流的时空马尔可夫随机场模型，用于检测视频中出现的异常状态。MRF图中的节点对应于视频帧的一个网格局部区域，并且相邻节点根据时空关系相互链接。光流是一种低层的特征表述，这里采用混合概率主成分分析方法对节点处的光流特征进行降维，并建立节点处活动的状态（正常或异常）模式。基于这种学习模式和建立的MRF图，对新的视频帧计算每个局部节点正常度的最大后验概率，作为节点状态判断的依据。同时，随着新观察值的进入，整个模型可以进行自更新。(通常运动区域出现异常状况的可能性更大，所以对运动区域赋予更大的异常权重，对于运动区域的检测采用高斯混合模型方法实现。)

目前已经完成了…

# 目前已完成的研究工作及结果

## 光流特征提取（增加实验数据）

光流是空间运动物体在观测成像平面上的像素运动的“瞬时速度”，利用图像序列中的像素强度数据的时域变化和相关性来确定各自像素位置的运动，进而从图片序列中近似得到不能直接得到的运动场。计算光流的两种主要方法是稠密光流和稀疏光流：Horm-Schunck方法计算的就是稠密光流的速度场，即将图像中的每个像素都与速度关联；金字塔Lucas-Kanade（LK）光流是一种流行的稀疏光流计算方法，它可以计算基于块的多尺度光流值。

这里采用稀疏光流方法计算视频中每帧的光流特征。对于每个局部区域的元子活动（对应于MRF图中的一个节点）构建一个特征描述符，我们将每帧划分成u乘v个子区域，并统计每个子区域内的像素流。u和v的值取决于获取运动信息的细度。

## 混合概率主成分分析（增加实验数据）

PCA（Principal Component Analysis）是一种统计学上常用来降低问题维度的方法。如下图所示，对于空间中的点，寻找直线L使得所有点到直线的垂直距离d’的和最小，这就是PCA所处理的问题。



PPCA（Probabilistic PCA）是将PCA用概率的方式表示。简单来说，就是给定一个观察序列（高维度），PPCA模型建立潜在的可变序列（低维度），同时根据最大似然估计准则找到最优的参数。既然我们可以把观察序列用概率的分布来表达，就像混合高斯函数一样，我们同样可以组合多个PPCA表示同一组序列，即MPPCA。

## 局部状态的学习模式

在初始训练视频中，提取到所有局部区域的描述符（光流特征），并应用下面定义的MPPCA模型：

(2.1)

其中， — 组件*i*的系数； — 组件*i*的概率密度函数； — 组件*i*的协方差矩阵； — 组件*i*的均值向量。各参数使用期望最大化方法计算。

这里为所有的局部区域应用一个更通用的MPPCA模型而不是单一模型，是因为在初始视频中，一些局部区域并没有足够的样本来保持EM算法中合并的稳定性，也就是说一些大多数观察值在一些局部区域是自由运动状态。

根据上面的学习模型，主要计算两个直方图：节点的频率直方图和链接的同现直方图。频率直方图代表节点处每个MPPCA组件被观察到的频率，同现直方图代表相邻节点处两个MPPCA组件同时被观察到的频率。定义节点i处的频率直方图为H­i，节点i和j处的同现直方图为Hi,j，计算公式如下：

(2.2)

(2.3)

其中， — 的第*l*个箱； — 的第（*l*, *m*）个箱；和分别是基于ti,k和tj,k在第k帧节点i和j处的后验概率：

(2.4)

(2.5)

因此，累计在节点i处观察到的所有活动描述符为组件*l的*后验概率，表达了发生在视频中相应区域低层运动类型的可能性。相似的，表示在节点i和j处组件为l和m的可能行，进一步说明相邻区域的交互情况。

## 马尔科夫随机场

马尔科夫随机场(MRF)，又称为无向图模型或是马尔科夫网，是一种概率图模型。MRF是一维因果马尔科夫链扩展到二维空间的结果，在图像模型构造和处理过程中效果出众。

若某一随机过程，由一种状态转移至另一种状态的概率大小，仅由这两个状态之间的关系决定，与过去更早的状态或未来的状态等其他因素不相关，称该随机过程为马尔科夫随机过程。

若将tm看成是“现在”状态，则tm+1代表“未来”状态，t1,t2,...tm-1就表示为“过去”的一些列状态。根据马尔科夫过程的描述，在tm时刻，随机过程ζ(t)取值xm的情况下，ζ(t)的“未来”状态，只有通过“现在”状态才能与“过去”状态产生联系，当“现在”状态被确定下来后，“未来”的状态，就会与“过去”的状态毫无关系。即在已知tm 时刻随机过程所处状态ζ(tm) = xm的条件下，时刻tm以后的过程将要到达的状态与时刻tm 以前的过程所处状态无关[4]。这个性质就称作随机过程的马尔科夫性质。

MRF模型是由一组符合马尔科夫性质的随机变量构成的，可以使用无向图来表示这些随机变量的关系。MRF模型与贝叶斯网络有着相类似的变量关系依赖形式。但是，MRF模型与贝叶斯网络相比，能够表示出具有特定依赖关系（如有环的依赖关系）的变量集合[5]，而贝叶斯网络却对此无能为力。除此之外，能够使用贝叶斯网络表示的特定依赖关系（如节点的父子关系），MRF模型却无法表示。

MRF又被称做是马尔科夫网，与贝叶斯网络不同，MRF是一种无向图，能够通过无向图G(V,E)表示出来，如图3-3所示。



图2-1MRF模型的无向图表示。

在MRF模型中，每个对应的模型节点(node) i 都包含一个观察值Yi和一个隐状态Xi，其中，Xi既可以是连续的随机变量，又可以是离散的值。本文主要是构建一个状态空间为离散值的MRF模型。状态空间为离散值的MRF模型是指，在MRF模型中，每个节点的状态，均取自一组候选的离散值之中，因而，MRF模型的求解，也往往成为确定模型节点状态标记的问题。也就是说，使用一系列的候选值的状态，为每个节点确定一个标记状态，从而使得模型能够取得最大后验概率(MAP)。

定义3.3马尔科夫随机场 [5]： 给定无向图G(V,E)，指明变量间的连接关系，再给定随机变量集合，一组离散的状态空间，所有变量组成的状态解空间：，那么称X是一个马尔可夫随机场，当且仅当：

时，对所有

其中， 表示节点i的邻域节点的集合。

按照MRF模型的定义能够推导出下面的性质：

成对的马尔可夫性 当其他变量全部给定后，两个任意不相邻的变量条件独立。记为：当且仅当{u,v}E。

局部的马尔可夫性 当某一变量的邻域变量被给定后，该变量与其他所有变量条件独立。记为：， 表示节点v的所有邻域节点的集合。

整体的马尔可夫性 当变量的割集被确定，任意两个变量的子集条件独立。记为：。

通常情况，在马尔可夫随机场模型中，设节点i处的观测值是，隐状态该观测值间拥有相当程度上的统计相关性，可以定义一个相容性函数 来衡量它们之间的相关性，该相容函数又经常被称为隐状态的“证据”函数。按照对马尔可夫随机场所下的定义，一个隐状态的概率分布同它的邻域节点相关，即无向图的每条链接边都包涵着该边连接的两个变量和间的相关性，可以使用另一个相容性函数 来表示这层相邻节点之间的相关性。那么最后的联合概率分布如式(3-1)：

(3-1)

其中，i, j为模型中所有的相邻节点，而Z是归一化常量。通过式(3-1) 能够得到，遍历状态空间中所有的X的可能值，使得P(X, Y)得到最大后验概率时的，就是通过马尔可夫随机场模型求出的最优解。

因为马尔可夫随机场模型具有表述问题清晰、模拟结构以及描述数据规律的能力强，所以广泛应用于医学、多媒体应用等诸多领域，特别是计算机视觉领域，MRF有着更为广泛的应用前景。在计算机视觉分析领域，通常使用马尔可夫随机场对视频图像进行处理，在这种应用环境下，马尔可夫随机场模型的变量个数至少会是百万量级的，采用遍历所有解空间的方法，其算法复杂度会随着变量数量的增加而成指数级增长，这就存在着问题求解计算量过大过于复杂的问题。因此，如何高效的求解马尔可夫随机场模型逐渐成为了使用马尔科夫随机场模型解决问题时可避免的一个问题。

## 高斯混合模型的运动区域检测

Stauffer和Grimson【】提出采用多个高斯模型对多个背景对象进行建模，可以有效的分离前景与背景，检测出运动区域。GMM背景建模并不是明确地用一个特定类型分布来定义所有像素值的模型，而是使用混合的高斯分布。对于不符合背景分布的像素值被认为是前景，直到有一个高斯分布可以包含它们，当然这需要充分的、一致的的证据支持。这种方式可以很好的应对场景中光照变化、重复移动、移动较慢、进入和移除等情况。

高斯混合模型描述在t时刻观测到某一特定像素值Xt的概率：



其中μ为均值，Σ为方差，ω是高斯分布的系数，每个高斯模型描述一个背景象素。k通常可设置为3到5。

# 后期拟完成的研究工作及进度安排

## 时空MRF模型的贝叶斯推理

本文根据视频中最新的一帧和历史最近的帧序列中选取一个固定长度构建时空MRF模型。此MRF定义了两个函数：节点置信函数与成对势能函数。他们的计算依据于上面定义的MPPCA。最后，在MRF图上的推理产生最大后验概率（MAP）类别，说明节点的状态为正常或异常。时空MRF的能量函数定义如下：

(3.1)

其中，是节点置信函数的权值，是节点置信度函数，是成对势能函数，表示活动状态的类别（意味着节点i是异常，反之则正常）。

节点置信函数本身包含两个术语：频率术语nf和适合度术语ns。频率术语用于衡量一个状态模式与给定节点处的当前状态描述符相近的频率，适合度术语用于评价存在的MPPCA模型生成当前状态描述符的可能性。

频率术语强调每个节点组件对的约束关系，简单的说，如果节点i处的状态描述符被检测属于已被观察到的高频组件中的一个，那么的值变得更高（反之，变低），即。频率术语计算公式如下：

(3.2)

其中，

Tk是一个控制对异常的敏感度转移函数，定义如下：

(3.3)

可以看出，降低参数k的值会导致较少的异常节点被检测。总之，描述了频率直方图Hi和MPPCA组件的概率分布关于节点i当前状态描述符的归一化关系。

适合度术语反应当前MPPCA模型解释新状态描述符的好坏，即是否适合。定义如下：

(3.4)

其中，是状态描述符t和MPPCA组件c的马氏距离（Mahalanobis distance），并归一化。Fc是所有之前观察值在组件c处累积距离分布。

最后，完整的节点证据函数如下：

(3.5)

其中，为权值，它的值总是大于0.5。

成对势能函数由同现频率术语和光滑度术语组成。同现频率术语定义如下：

(3.6)

它衡量相邻节点同时发生两个动作的正常性。

光滑度术语强调相邻节点运动相似的光滑程度

计算：

(3.7)

完整的成对势能函数为：

(3.8)

其中，是一个衡量光滑度的权值常量。

## 时空MRF模型自更新

已经建立了时空MRF模型，对于一个新活动描述符，为了更新MPPCA参数，先为描述符选择最有可能的组件

然后更新协方差矩阵C和均值向量µ。

更和系数π如下：

必要的假定…

## 算法的实现

## 实验

最后会在几个监控视频中测试上述算法，并统计实验结果。

# 存在的困难与问题

存在如下的困难与问题：

# 如期完成全部论文工作的可能性

可以如期完成全部论文工作。

# 参考文献