

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 99816737.1

[51] Int. Cl.

G06T 7/00 (2006.01)

G08G 1/04 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 8 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 100533482C

[22] 申请日 1999.11.3 [21] 申请号 99816737.1

[86] 国际申请 PCT/SG1999/000115 1999.11.3

[87] 国际公布 WO2001/033503 英 2001.5.10

[85] 进入国家阶段日期 2001.12.17

[73] 专利权人 特许科技有限公司

地址 新加坡新加坡

[72] 发明人 黄佑廉 洪金城 张志忠 古明坪

[56] 参考文献

EP807914A 1997.11.19

EP654774A 1995.5.24

EP0403193A2 1990.12.19

EP403193A 1990.12.19

US5590217A 1996.12.31

审查员 李晴晖

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 韩 宏

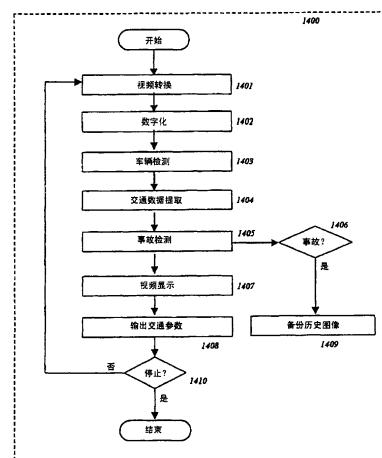
权利要求书 3 页 说明书 25 页 附图 15 页

[54] 发明名称

基于视频的交通监控系统的图像处理技术及其方法

[57] 摘要

本发明涉及使用视频图像的交通数据采集的图像处理技术的应用。本发明涉及交通监控系统，该系统的基本功能是进行交通数据采集和事故检测。具体而言，涉及从视频图像序列来检测车辆的图案处理技术的应用，以及交通数据采集和交通事故检测。本发明涉及一种交通监近系统中的研究区域(ROI)，用于检测移动车辆，该 ROI 包括：两个部分，一轮廓速度区(PSZ)和一车辆检测窗口(VDW)，将这两个部分与被监控交通的对应路面基本对齐，如果在 VDW 处检测车辆，则用 PSZ 来提取车辆速度，和用 VDW 来检测窗口中车辆的出现，VDW 部分覆盖 PSZ。



1. 一种用于在交通监控系统中检测移动车辆的方法，包括以下步骤：

- (1) 设置研究区域，该研究区域具有轮廓速度区和车辆检测窗口这两个部分，并且该研究区域是人字形区，
- (2) 将这两个部分与被监控交通的对应路面对齐，
- (3) 在该车辆检测窗口处检测车辆，用轮廓速度区来提取车辆速度，其中，该提取包括：

使用下式来获得该轮廓速度区中所有象素  $(x, y)$  的水平和垂直方向的边缘值  $EH(x, y)$  和  $EV(x, y)$ ：

$$EH(x, y) = \left| \sum_{\substack{m=1, n=1 \\ m=-1, n=-1}}^{m=1, n=1} SH(m+1, n+1) * I(x+m, y+n) \right|$$

$$EV(x, y) = \left| \sum_{\substack{m=1, n=1 \\ m=-1, n=-1}}^{m=1, n=1} SV(m+1, n+1) * I(x+m, y+n) \right|$$

其中， $SH$  和  $SV$  是分别用于提取水平和垂直边缘的  $3 \times 3$  矩阵：

$$SH = \begin{Bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{Bmatrix} \quad SV = \begin{Bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{Bmatrix}$$

结合水平和垂直这两个方向边缘来生成象素  $(x, y)$  处的整个边缘强度  $E(x, y)$ ：

$$E(x, y) = (1-K) * EH(x, y) + K * EV(x, y)$$

$K$  是 0 和 1 之间的常数；

生成边缘轮廓，包括：

对于所有  $y$ ，对于该轮廓速度区中的每一行象素，按下式获得行  $y$  的平均边缘值  $E_{AVE}(y | 帧=f)$ ：

$$E_{AVE}(y | 帧=f) = \frac{\sum_{x=1}^{N(y)} E(x, y)}{N(y)}$$

对函数  $E_{AVE}(y | frame=f)$  和  $E_{AVE}(y | frame=f-1)$  执行卷积，以提取车辆速度；

对于所有  $y$ ，

$$C(z) = \sum_{\text{对所有 } y} EAVE(y | 帧=f) * EAVE(y - z | 帧=f-1)$$

对于所有  $z$ ，找出  $C(z)$  的最大值  $C_{max}(z)$ ：

$$\text{车辆速度} \propto z_{max} | C(z_{max}) = C_{max}(z)$$

以及

(4) 用该车辆检测窗口来检测该窗口中车辆的出现，其中该车辆检测窗口部分覆盖该轮廓速度区；其中，该检测包括：

根据研究区域内所有像素  $(x, y)$ ，使用下式来生成灰度同时发生矩阵：

$$P_{i,j}(D) = \# \left\{ [(x_1, y_1), (x_2, y_2)] \mid I(x_1, y_1)=i, I(x_2, y_2)=j, [(x_1, y_1) - (x_2, y_2)] = D \right\}$$

其中， $P_{ij}$  表示矩阵项，代表该区中两个相邻象素的发生数量，一个具有强度级  $i$ ，另一个具有强度级  $j$ ；用位移向量  $D$  来分离这两个相邻的象素； $\#$  表

示元件数量;  $I(x, y)$  为位置  $(x, y)$  处定义的区域中的强度函数;

D: D大小等于 2, 具有垂直方位;

应用灰度同时发生矩阵来提取该车辆检测窗口的纹理特征, 按下式使用该灰度同时发生矩阵来计算该人字形区的两个纹理测量, 即角度二阶矩 ASM 和对比度 CON;

$$ASM = \sum_{i=1}^Q \sum_{j=1}^Q P_{i,j} 2$$

$$CON = \sum_{i=1}^Q \sum_{j=1}^Q (i-j) 2 * P_{i,j}$$

其中, Q 为量化强度级的数量, Q=128;

将所述纹理测量与背景纹理测量 ( $ASM_B$ ,  $CON_B$ ) 进行比较以确定车辆的存在;

如果 ( $|ASM_B - ASM| < ASM_{th}$  且  $|CON_B - CON| < CON_{th}$ )

其中,  $ASM_{th}$  和  $CON_{th}$  是恒定临界值,

则确定未出现车辆, 否则确定出现车辆。

## 基于视频的交通监控系统的图像处理技术及其方法

### 1. 技术领域

本发明涉及多个发明，总地说，涉及使用视频图像的交通数据采集的图像处理技术的应用。具体而言，涉及从视频图像序列来检测车辆的图案处理技术的应用，以及交通数据采集和交通事故检测。

### 2. 背景技术

#### 2. 1 用于交通分析的图像处理技术

图 1 表示一基于视频的交通监控系统的操作的示意图。安装于一结构、如路灯柱上的相机拍摄交通现场，该相机用作捕捉交通图像的传感器设备。将捕捉到的模拟视频图像传送至一处理器，该处理器将该模拟视频转换为数字形式。对数字化的图像进行再处理和分析，使用图像处理技术来提取交通信息。接着将提取后的信息传送给外部用户，例如交通控制中心来进行交通监控/控制。

通常，可将基于视频的交通监控系统的图像处理技术应用分为四个阶段：

1. 图像采集
2. 数字化
3. 车辆检测
4. 交通参数提取

对于大多数现有的基于视频的交通监控系统而言，阶段 1 和 2 基本相同。各系统之间的主要区别存在于阶段 3 和 4 中。

在车辆检测过程期间，处理输入视频图像，以确定研究区（ROI）内的车辆出现。ROI 可以是一个单个象素，一象素线或象素簇。在交通参数提取阶段中，通过比较不同帧（时间间隔）处的 ROI 的车辆检测状态来获得交通参数。

## 2. 2 车辆检测

基于视频的交通监控系统的一个基本要求是能够检测 ROI 中车辆的出现。大部分基于视频的交通监控系统采用背景差别方法来进行车辆检测。该方法是通过从提前生成的背景图像中减去输入图像来检测车辆的过程。背景图像中仅描述路面，而不出现车辆，该背景图像用作参考。

### 2. 2. 1 问题

#### 2. 2. 1. 1 背景现场的动态更新

使用该方法的基本要求是需要生成背景参考图像。还必须经常更新该背景图像，以反映路面的周围照明条件中的改变，例如从白天到晚上的过渡期间，反之亦然。这种光强度的变化可引起系统“错误触发”车辆出现。然而，使用该背景差别方法时的主要问题是，如果路面交通堵塞严重或照明条件迅速改变，则难以获得更新后的背景图像。照明条件的改变可能是因路过的云彩或太阳高度的改变引起的附近建筑物的阴影造成的。

#### 2. 2. 1. 2 移动阴影

使用背景差别方法的另一问题是在阳光明媚的一天中，车辆会将一

“移动”阴影投射到下一个车道上，如图 2 所示。该阴影可能导致对受影响车道的错误检测。

### 2. 2. 1. 3 夜晚检测（前灯反射）

当使用背景差别方法时引起错误检测的再一个因素是夜晚时车辆的前灯，如图 3 所示。

### 2. 2. 1. 4 人字形区处的检测

通常在车辆经过的车道上进行车辆的检测。但是，存在要求在车道以外的位置处检测车辆的情况。例如，在道路两侧或人字形区（如图 4 所示，是指包括白色带的区域，该区域主要出现在入口/出口和高速路之间的交汇点处）对停止的车辆进行检测。通常使用与车道中进行的车辆检测相似的技术来进行道路两侧的车辆检测。但是，当使用常规的背景差别方法时，人字形区处的车辆检测则出现问题。

与一般的车道区域相比，人字形区处的车辆检测的困难在于背景不相似。当使用常规的背景差别技术时，输入图像与 ROI 中的背景图像一个象素接一个象素地进行比较。如果出现车辆，则该比较输出高。但是，当 ROI 处于包括黑和白色带的人字形区域中时，即使实际上没有出现车辆，相机的轻微移动也将导致高输出。当使用边缘密度信息来检测人字形区域中的车辆时，检测变得不敏感。这是因为 ROI 的背景边缘密度由于黑/白色带而相对变高，从而导致难以根据边缘密度从背景中区分出车辆。

### 2. 2. 2 已知的问题解决方法

#### 2. 2. 2. 1 背景现场的动态更新

更新背景图像的一个方法是查看图像序列中的不同帧。在任一帧中，汽车覆盖部分道路。随着时间的推移，汽车移动并露出覆盖的道路。如果序列足够长，则可发现无汽车（car-free）道路的清楚照片。一个象素接一个象素地生成该背景图像。在多个初始化帧中观察每个点的强度。大部分出现的强度值通常被选择为该点处的背景值。另一个方法是使用插补（对于多个帧）方法，某种意义上通过在不同帧处采集象素的平均值。

但是，使用这两种方法的缺点在于，如果序列长，则选择一个帧序列上的每个象素的最经常发生的强度值（或平均值）的过程的计算密集。如果序列短，则难以得到拥挤交通条件下的足够的背景象素强度值。如果光强度的改变太突然，例如移动的云彩投下的阴影，则也不能有效进行这种背景现场的动态更新。

### 2. 2. 2. 2 夜晚检测

当使用背景差别方法来在夜晚进行车辆的检测时，由于例如前灯反射等问题而引起错误检测。为了克服这种问题，已采用的一种技术将前灯用作车辆出现的指示。使用方法方法的直接途径是如果一组象素强度值比其周围象素大出一临界值，则检测车辆的前灯。使用这种技术的问题在于难以将从周围象素中分离出前灯强度来建立该临界值。因为前灯的绝对强度值和周围象素可根据路面的整体强度来动态变化。实时执行这两种尺寸研究的计算也很密集。

### 2. 2. 2. 3 白天-夜晚的过渡

因为夜晚检测采用了不同于白天检测的车辆检测过程。必然要求在白天和夜晚过渡期间自动从一个检测过程转换为另一个检测过程。该解

决方法在于自动检测交通现场的白天/夜晚状态。但是，因为白天和夜晚之间的过渡是逐渐的，所以难以检测，反之亦然。分析图像的整个平均强度值，白天和夜晚的区别并不能提供一可靠的解决方法。这是因为在交通严惩堵塞的条件下，车辆前灯会明显增加图像的整体强度。避免车辆前灯的一个方法是选择一位于交通车道“以外”的检测区域。但是，因为交通现场是一个不受控制的室外环境，所以不能保证检测区域的条件在较长时间周期内保持不变。

## 2. 3 提取交通参数

在参数提取阶段中，通过在不同时间间隔的不同图像帧处比较 ROI 的车辆检测状态来提取交通参数。通常将交通参数分成两种类型、交通数据和事故。根据采用的参数提取方法，基本的交通数据通常包括车辆计数、速度、车辆长度、平均占有量等。使用基本交通数据可容易地得出其它数据，例如间距（gap-way）和密度。交通事故包括拥挤、停止的车辆（在交通车道或道路两侧上）、方向错误交通等。

### 2. 3. 1 已知的解决方法和问题

现有的交通参数提取方法通常包括窗口技术（或行程线）和跟踪技术，分别如图 5 和 6 所示。

#### 2. 3. 1. 1 窗口技术和问题

使用窗口技术，ROI 通常被定义为分隔开的多组窗口（矩形框），如图 5 所示。每个窗口的基本功能是检测车辆，从而对车辆的数量进行计数。为了测量车辆速度，需要两个窗口。通过获得车辆从一个窗口到另一个窗口所需的时间，当已知两个窗口之间的物理距离时，系统可确定车辆速度。接着，通过获得被检测车辆出现于一个窗口中的时间长度和

车辆速度，可得到车辆长度。窗口技术的优点在于计算简单。

#### 由于帧速率分辨率引起的误差

窗口技术的缺点在于其长度和速度测量的准确性受到处理帧速率的分辨率和车辆实际速率的影响。在图 7 中，车辆 A 首先激活帧  $f$  处的窗口  $x$ 。在图 8 的帧  $f+n$  处，车辆 A 激活窗口  $y$ 。为了计算车辆速度，假设车辆在  $n$  个帧的时间周期中已穿过距离  $dw$ 。 $Dw$  是两个窗口之间的物理距离。但是，由于有限的帧速率分辨率，车辆 A 穿过的实际距离为  $dv$ （比较图 7 和 8）。因此，误差率为  $(dv-dw)/dw$ 。当帧速率下降时，该误差的上下限增加。

#### 因闭塞引起的误差

当使用两个窗口来进行速度测量时，必须最大化两个窗口之间的距离，以减少因帧速率分辨率引起的误差。但是，两个窗口之间距离的增加将增加窗口处对图像上部的闭塞可能性。该闭塞如图 9 和 10 所示，其中表示两个连续的视频图像帧。这两个图还表示用于交通数据提取的相机视图的典型角度。由于透视误差，车辆 B 看上去与车辆 A 在图 9 的帧  $f$  处“连接”，因此，窗口  $x$  在车辆 B 出现（于窗口  $x$  处）时不能检测到。但是，在帧  $f+n$  处（图 10），窗口  $y$  可成功地检测到车辆 B，这是因为透视误差在图像的较低端最小。当窗口  $y$  被用作计数“传感器”时，其因闭塞引起的计数误差将被最小化。但是，车辆速度测量（及之后的车辆长度）的准确性将受到窗口  $x$  处的闭塞问题的影响。在拥挤条件下，闭塞更明显。

#### 2. 3. 1. 2 跟踪技术和问题

当使用跟踪技术时，如图 6 所示，首先沿 ROI 的“跟踪区”进行研

究。当检测一车辆时，确定其位置。接着，在后序的帧中沿跟踪区跟踪该车辆。通过在每个帧中跟踪该车辆，利用其位置来测量车辆速度。通过检测车辆前端和后端可直接检测车辆长度。

使用跟踪方法的优点在于该方法在速度测量方面在理论上比窗口技术更准确。因为在每个帧处确定跟踪车辆的准确位置，因此其速度测量不受帧速率分辨率的影响。与窗口技术相比，跟踪方法的缺点在于，其计算密集。但是，随着计算机处理能力的增强，该缺点变得越来越不明显。

#### 因闭塞引起的误差

对于使用跟踪技术、即通过测量车辆的前端和后端的直接长度测量而言，必须将该车辆与在先和在后的车辆分隔开至少一帧。但是，由于透视角度，如图 11（车辆 A 和 B）所示，难以将车辆与在后车辆分隔开。在图 12 中，虽然车辆 A 与 B 分隔开，但其前端超出视图的相机视野，因而不能确定其长度。

### 3. 发明概述

本发明提供一种交通监近系统中的研究区域（ROI），用于检测移动车辆，该 ROI 包括：

两个部分，一轮廓速度区（PSZ）和一车辆检测窗口（VDW），

将这两个部分与被监控交通的对应路面基本对齐，

如果在 VDW 处检测车辆，则用 PSZ 来提取车辆速度，和用 VDW 来检测窗口中车辆的出现，VDW 部分覆盖 PSZ。

本公开涉及交通监控系统的多个方面。特别是，创造性方法对使用视频图像的交通监控系统采用不同的先进图像处理算法。该系统的基本功能是用于交通数据采集和事故检测。该创造性方面一般集中在交通监控系统的车辆检测和交通参数提取过程中。

本质上，在车辆检测过程中，白天和夜晚采用两种不同的图像处理技术来检测车辆。对于白天的检测，建议用边缘密度信息来检测 ROI 中车辆的出现。该建议技术的优点在于可消除例如前灯反射等干扰。通过

考虑到车辆阴影的方向边缘特性，还可消除车辆对相邻车道的阴影。通过使用边缘密度信息，该过程在动态的周围照明条件下变得更强。对于夜晚检测，采用前灯检测来检测车辆。建议用强度轮廓方法来检测车辆前灯。通过使用该方法，系统变得更稳定，其中，因前灯反射引起的错误检测最小化。该方法的另一优点在于计算上的低密集。为了提供白天和夜晚之间的检测算法的自动转换，将平均强度值与 ROI 中的像素强度的对比度的用途相结合来检测白天和夜晚。

对于交通参数提取阶段，创造性方面集中于车辆计数、速度、长度以及时间占有的采集，以提取交通数据，这是因为例如密度、前灯等可容易地从这些基本交通数据中得出。接着，将该交通数据用于检测交通事故的不同类型。在本发明的一个方面，结合窗口和跟踪技术来提取交通参数。通过使用这种方法，可最小化因帧速率分辨率以及闭塞引起的误差。

基于视频交通监控系统的不同算法的应用也被认为是创造性的。

#### 附图的简要说明

图 1 表示基于视频的交通监控系统的顶视图。

图 2 表示由于相邻车辆引起的移动阴影。

图 3 表示车辆的前灯反射。

图 4 表示人字形区。

图 5 表示窗口技术的基本概念。

图 6 表示跟踪技术的基本概念。

图 7 表示因帧  $f$  的帧速率分辨率引起的窗口技术的计量误差。

图 8 表示因帧  $f+n$  的帧速率分辨率引起的窗口技术的计量误差。

图 9 表示因帧  $f$  的闭塞引起的窗口技术的速度/长度计量误差。

图 10 表示因帧  $f+n$  的闭塞引起的窗口技术的速度/长度计量误差。

图 11 表示因帧  $f$  的闭塞引起的跟踪技术的长度计量误差。

图 12 表示因帧  $f+n$  的闭塞引起的跟踪技术的长度计量误差。

图 13 是交通监控系统的图像处理过程的示意框图。

图 14 表示交通监控系统的图像处理过程的流程图。

图 15 表示车辆检测过程的流程图。

图 16 表示本发明中所采用的 ROI 的定义。

图 17 表示 ROI，其中，为了检测交通现场的白天/夜晚状态而获得平均强度值和象素强度变化。

图 18 表示三种不同交通条件下的 ROI 的强度分布函数。

图 19 是车辆白天检测过程的流程图。

图 20 表示前灯反射的影响。

图 21 表示使用边缘密度信息的车辆前灯反射的去除。

图 22 表示因相邻车辆引起的移动阴影的影响。

图 23 表示当仅使用边缘密度时如何减少移动阴影。

图 24 表示如何通过使用加权方向边缘信息来进一步减少因阴影边界引起的边缘。

图 25 表示通过 ROI 的强度轮廓投影的前灯的明显特征。

图 26 是车辆夜晚检测过程的流程图。

图 27 是车辆人字形区检测过程的流程图。

图 28 是交通参数提取过程的流程图。

图 29 是使用轮廓速率提取技术来获得车辆速度的过程的流程图。

图 30 表示帧 f 处的轮廓速度区的边缘轮廓的生成。

图 31 表示帧 f+1 处的轮廓速度区的边缘轮廓的生成。

图 32 表示通过在连续的帧处获得的两个边缘轮廓的闭塞过程的车辆速度的提取。

## 5. 发明的详细描述

下面的详细描述特别适用于在动态周围照明条件下使用视频图像的交通数据提取的本发明。将该描述分为三部分。首先，描述本发明的整个系统结构，以及图像处理过程的流程。在第二部分中，进一步详细描述本发明的车辆检测过程。在第三部分中描述交通参数提取过程。

图 13 是交通监控系统的图像处理过程 1300 的示意框图。该系统能够处理高达四个视频输入，因此提供四个交通地址的同时监控。视频转换模块 1302 负责四个视频输入之间的多路复用。在数字化过程 1303 中，为后序处理进行视频信号的数字化。在模块 1305 处，对数字化的图像进行图像以检测 ROI 处的车辆。一旦在模块 1307 处检测车辆时，根据不同图像帧处的检测状态来提取交通数据。在模块 1308 处，根据提取的交通数据来推断交通事故的发生。将提取的交通参数（交通数据和事故）输出给输出模块 1309。

在模块 1304 处，将数字化的图像序列压缩成更小的图像，将其存

储在一组备份图像存储器中。该备份图像存储器具有可存储每个视频输入的固定数量、如  $n$  个图像的固定的存储器大小。不时用最新的输入图像来更新图像存储器。因此在任一时间，视频输入的最后  $n$  个图像总是存储于备份图像存储器中。由于该备份图像模块的功能，所以当检测到交通事故时，打断备份过程。因此可检索备份图像来进行分析和事故发生前的交通图像的可视调查。

在模块 1306 处，将例如交通图像、处理后的图像、交通参数等不同交通信息存储到显示存储器上，以进行视频输出。该特征的一个技术上的优点在于可将来自四个不同视频源的所有四个数字化图像并为一个显示视频输出。因此，可使四个视频输入图像仅通过一条传送线传输。

图 14 表示监控系统的图像处理过程的流程，该系统用标号 1400 表示，但具有对应于上述 1300 的模块的每个步骤的说明。

## 5. 2 车辆检测过程

由于道路和人字形区以及白天、夜晚条件的不同背景特征，所以难以使用一个检测技术来对不同条件进行车辆检测。本发明中采用三种不同的车辆检测技术，即车辆白天检测、车辆夜晚检测和车辆人字形区检测。一个技术用于在白天检测正常道路上的车辆，一个技术用于夜晚的正常道路上，另一个用于在白天和夜晚检测人字形区处的停止车辆。

图 15 表示车辆检测过程 1500 的流程。对于正常道路，将车辆检测过程分成两个阶段，白天/夜晚检测和车辆检测。在道路的车辆检测过程中，首先处理输入图像来确定一定间隔处的交通现场的白天/夜晚状态。根据交通现场的状态（白天或夜晚），使用车辆白天检测 1505 或车辆夜晚检测 1506 来对 ROI 处的车辆出现状态进行图像处理。对于人字

形区处的车辆检测，车辆人字形检测技术 1503 可用于白天和夜晚条件。

### 5. 2. 1 研究区-ROI

在车辆检测过程中，对每个获得交通信息的位置定义 ROI。对于道路的交通参数提取，如图 16 所示，每个 ROI 通常与每个车道相一致。如图 16 所示，每个 ROI 包括两个区，轮廓速度区 PSZ 和车辆检测窗口 VDW。VDW 在较低端覆盖于 PSZ 上。VDW 的功能用于检测窗口上车辆的出现。PSZ 的功能在于如果在 VDW 处检测到车辆，则提取该车辆速度。对于道路两侧或人字形区处的停止车辆的检测，ROI 仅包括 VDW。

### 5. 2. 2 白天/夜晚检测 1502

基于两个图像参数、即平均灰度强度  $I_{ave}$  和象素强度的统计偏差  $V_{sts}$ 。从 ROI 中的象素强度中提取这些参数。图 17 表示夜晚时典型的交通现场。如图所示，在道路上有车辆的夜晚中，ROI 由于车辆前灯和黑暗背景而具有高的象素强度偏差。图 18 表示三种交通现场条件下的三种典型象素密度分布函数。图 18 的函数  $f_3(g)$  表示夜晚现场下的象素强度的典型分布。 $f_3(g)$  中的两个最大值主要是由于车辆前灯和背景的象素强度引起的。对于夜晚现场而言，其中 ROI 中没有车辆，分布函数类似于  $f_2(g)$ ，其中大部分象素强度为低。 $f_1(g)$  表示一般白天现场下 ROI 的象素强度分布函数，其中最大值居中。为了区别不同的象素强度分布，测量两个图像参数，即平均灰度强度  $I_{ave}$  和象素强度的统计偏差  $V_{sts}$ 。对于 ROI 中的象素  $P_{ROI}(x, y)$ ，如下获得两个参数：

平均灰度强度： $I_{ave}$

$$I_{ave} = \frac{\sum_{\text{对所有的}x,y} I_{ROI}(x,y)}{N_{ROI}}$$

(1)

统计偏差:  $V_{sts}$

$$V_{sts} = \frac{\sum_{\text{对所有的}x,y} (I_{ave} - I_{ROI}(x,y))^2}{N_{ROI}}$$

(2)

其中,  $I_{ROI}(x,y)$  是 ROI 内象素  $P_{ROI}(x,y)$  的强度值,  $N_{ROI}$  是 ROI 内的象素总数量。在图 15 的模块 1502 中, 确定输入交通现场是白天还是夜晚的过程如下:

1. 分别用式 1 和式 2 来计算 ROI 内的两个白天/夜晚检测参数  $I_{ave}$  和  $V_{sts}$ 。

2. 如果  $V_{sts} > V_{TH}$  或  $(I_{ave} < V_{TH} \text{ 且 } V_{sts} < V_{TH})$ ,

则交通现场状态标记为“夜晚”，

否则交通现场状态标记为“白天”。

在步骤 2 中, 如果满足两个条件中的任一个, 则交通现场的状态被确定为夜晚。如果交通现场在 ROI 中具有高的象素强度偏差, 则满足第一条件 “ $V_{sts} > V_{TH}$ ”。这在夜晚现场下车辆出现于 ROI 中时最可能发生。 $V_{TH}$  是一恒定的临界值, 表示夜晚时有车辆前灯下的 ROI 的象素强度的最小偏差。如果交通现场在 ROI 中具有低平均和低偏差的象素强度, 则满足第二条件 “ $I_{ave} < V_{TH}$  且  $V_{sts} < V_{TH}$ ”。如果在夜晚现场下 ROI 中没有出现车辆, 则可能满足该条件。 $I_{TH}$  是一恒定的临界值, 表示夜晚时没有

车辆前灯下的 ROI 的最大平均强度。如果在步骤 2 中两个条件均未满足，则表示交通现场具有相对较高的  $I_{ave}$  和较低的  $Vsts$ ，这可能是白天交通现场的条件。

### 5. 2. 3 车辆白天检测 1505

在图 15 的模块 1505 中，处理输入图像的边缘密度信息，来从路面的相同纹理中区别车辆的复合纹理，以检测车辆的出现。使用边缘密度信息来检测车辆的一个显著优点在于不需要参考图像（背景现场），这是因为仅使用输入图像的边缘信息来执行检测过程。因此，消除了参考图像的动态更新的问题。因此，不需要大的存储空间来存储参考图像。另一个优点在于交通现场的边缘密度信息对例如飘过的云彩的阴影等照明条件的突然改变不敏感。这是因为边缘密度是从同一图像中的相邻像素的强度值改变中推导出来的，并且不存在与参考图像的比较。使用该方法的系统在不同的照明条件和照明条件改变、例如白天到夜晚的过渡下还非常稳定。

图 19 是车辆白天检测过程的流程。根据输入数字化图像，在模块 1901 处计算 VDW 的整个边缘密度  $E_{VDW}$ 。首先，使用 Soble 技术[1]从原始的像素值  $I(x, y)$  中提取水平和垂直方向边缘的像素值 ( $EH(x, y)$ ,  $EV(x, y)$ )。如下获得  $EH(x, y)$ ,  $EV(x, y)$ :

$$EH(x, y) = \left| \sum_{\substack{m=1, n=1 \\ m=-1, n=-1}}^{m=1, n=1} SH(m+1, n+1) * I(x+m, y+n) \right| \quad (3)$$

$$EV(x, y) = \left| \sum_{\substack{m=1, n=1 \\ m=-1, n=-1}}^{m=1, n=1} SV(m+1, n+1) * I(x+m, y+n) \right| \quad (4)$$

其中，SH 和 SV 是分别用于提取水平和垂直边缘的 3X3 矩阵。

$$SH = \begin{Bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{Bmatrix} \quad SV = \begin{Bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{Bmatrix}$$

接着，结合这两个方向边缘来生成象素 (x, y) 处的整个边缘强度 E(x, y)：

$$E(x, y) = (1-K)*EH(x, y) + K*EV(x, y) \quad (5)$$

K 是 0 和 1 之间一常数。引入 K 是为了给边缘的水平和垂直分量不同的加权。通过设定 K>0.5，可使系统进一步最小化阴影的水平边缘。

之后如下获得 VDW 的整个边缘强度 E<sub>VDW</sub>：

对于 VDW 中的所有象素 (x, y)，

$$\text{如果 } (E(x, y) > E_T), \text{ 那么 } E_{VDW} = E_{VDW} + E(x, y) \quad (6)$$

其中，E<sub>T</sub>是用于消除因例如前灯反射等干扰引起的边缘的临界值。

在模块 1903 中，将 E<sub>VDW</sub> 与 E\_Ref<sub>VDW</sub> 进行比较，其中，E\_Ref<sub>VDW</sub> 是没有出现车辆时 VDW 的平均边缘强度。根据以下条件来检测车辆：

如果 (E<sub>VDW</sub>>E\_Ref<sub>VDW</sub>+K<sub>T</sub>)，那么 出现车辆；

否则 未出现车辆 (7)

其中，K<sub>T</sub> 是该恒定临界值。在未控制的动态室外环境下，背景现场的边缘密度 E\_Ref<sub>VDW</sub> 明显变化。该变化依赖于多个因素，例如路面纹理

类型、象素分辨率和相机的放大因素等。因此，对  $E_{Ref_{VDW}}$  定义一恒定值是不实际的。在本发明中，根据实时图像边缘信息，采用适应的方法来动态更新  $E_{Ref_{VDW}}$  的值。在检测过程中，假设路面相对车辆纹理更“光滑”。如果未出现车辆，则可根据下述来动态更新  $E_{Ref_{VDW}}$ ：

```

如果 (未出现车辆) {
    如果 ( $E_{Ref_{VDW}} > E_{VDW}$ )
        那么  $E_{Ref_{VDW}} = E_{Ref_{VDW}} - (E_{Ref_{VDW}} - E_{VDW}) / R_{up}$ 
    否则 如果 ( $E_{Ref_{VDW}} < E_{VDW}$  且  $E_{VDW} < E_{Ref_{VDW}} + K_T$ )
        那么  $E_{Ref_{VDW}} = E_{Ref_{VDW}} + (E_{VDW} - E_{Ref_{VDW}}) / R_{up}$ 
}

```

(8)

其中， $R_{up}$  是控制更新速率的常数。通过对  $E_{Ref_{VDW}}$  进行相对大值的初始化，上述技术可将  $E_{Ref_{VDW}}$  动态调节为路面的实际边缘密度。因此，该过程将连续将  $E_{Ref_{VDW}}$  调节为路面的实际边缘密度。

使用边缘信息来检测车辆出现的过程以及动态更新背景边缘密度的过程如下所述：

1. 对于 VDW 中的所有象素  $(x, y)$ ，使用式 3、4 和 5，根据原始的象素强度  $I(x, y)$  来计算象素边缘  $E(x, y)$ 。
2. 使用式 6 获得 VDW 的平均边缘密度值  $E_{VDW}$
3. 车辆检测：用式 7 比较  $E_{VDW}$  和参考  $E_{Ref_{VDW}}$ ，检测车辆
4. 用式 8 来动态更新  $E_{Ref_{VDW}}$
5. 2. 3. 1 车辆前灯去除

当使用边缘密度方法时，可成功地将车辆前灯反射引起的车辆错误检测最小化。如图 20 和图 21 所示。图 20 表示带有明显前灯反射的夜晚交通现场的图像。但是，当使用边缘密度信息时，如图 19 所示，可成功地消除反射的前灯。这是因为边缘的大小与相邻象素之间的强度改变梯度成正比。通常，路面反射的前灯的光强度上的改变是逐渐变化的，因此，边缘的幅度小。在车辆检测过程中，可使用式 6 来最小化因前灯反射引起的边缘。

### 5. 2. 3. 2 移动阴影去除

在本发明中，所用的检测技术可最小化因相邻车道上车辆引起的移动阴影。该消除过程如图 22 至 24 所示。图 22 表示具有车辆移动阴影的交通现场。在图 23 中，大部分移动阴影已被消除。这是因为边缘的大小与相邻象素之间的强度值改变成正比。因为阴影中的这些象素的强度值恒定，因此其边缘密度值被最小化。除了出现边缘的阴影的边界处。为了进一步减少剩余的边缘，重点放在用式 5 的图像垂直方向边缘上。如图 24 所示，成功地消除和移动阴影。该技术在最小化周围结构的静态阴影影响方面也是有效的。

### 5. 2. 4 车辆夜晚检测

在本发明中，通过检测 ROI 中的车辆前灯来检测出现于夜晚交通现场中的车辆。而车辆前灯的出现又是从 ROI 的强度轮廓中推断出来。沿着交通车道的长度的强度轮廓的生成如图 25 所示。通过累计 ROI 中行  $y$  处的象素的总强度值，可获得每个  $y$  值（图像行）的强度轮廓函数  $I_{ACC}(y)$ 。根据该强度轮廓函数  $I_{ACC}(y)$ ，可清楚地识别前灯引起的尖的“峰值”。另一方面，前灯反射引起的峰值更光滑。使用象前灯符号等特征，

可容易地检测到车辆。本技术的优点在于与在水平和垂直方向上扫描 ROI 的直接方法相比，仅在一个方向上执行前灯的搜索。另一优点在于因为使用 ROI 的每行的累计强度值，所以生成的强度轮廓更稳定，更不易受随机干扰的影响。计量两个不同参数来检测表示车辆出现的尖的峰值。这两个参数是强度梯度  $G_H$  和峰值“宽度”  $W_H$ 。 $G_H$  被定义为：

$$G_H(y) = \frac{dI_{ACC}(y)}{dy}$$

(9)

对于图像处理， $G_H$  可约为

$$G_H(y) = \frac{I_{ACC}(y+S) - I_{ACC}(y)}{S}$$

(10)

其中， $S=1$  是象素间隔。 $W_H$  是表示前灯宽度的“峰值”。根据下述来检测车辆的出现：

如果  $(G_H(y) > G_T \text{ 且 } W_H(y) < W_T)$

则出现车辆 (11)

其中， $G_T$  和  $W_T$  为恒定临界值。

夜晚测量车辆的过程如下所述：

1. 计算 ROI 中累计的强度轮廓  $I_{ACC}(y)$ ,
2. 根据累计的强度轮廓  $I_{ACC}(y)$ ，使用式 10 计算梯度  $G_H$ ,
3. 如果在其中  $G_H(y_1) > G_T$  的  $y=y_1$  处获得最陡的梯度，则搜索  $y_{max}$  处的本地峰值  $I_{ACC}(y)$ ，并获得  $I_{ACCmax}$  和  $W_H$

为了获得  $I_{ACCmax}$ :

指定  $y=y_1$

当  $(I_{ACC}(y) < I_{ACC}(y+1))$  时, 将  $y$  增加 1

$I_{ACCmax} = I_{ACC}(y)$  且  $y_{max} = y$

获得峰值宽度  $W_H$ , 使  $(I_{ACC}(y) > (I_{ACCmax} - K))$ , 其中,  $K$  为常数,  $K$  定义车辆前灯和背景之间的最小强度差。

#### 4. 用式 11 来检测车辆的出现。

图 26 是车辆夜晚检测过程的流程。在模块 2601 中, 生成窗口强度轮廓。通过在轮廓 2603 中进行扫描来检测车辆前灯的出现。

#### 5. 2. 5 人字形区车辆检测

在本发明中, 用纹理 (texture) 测量来表征人字形区的特征。纹理是指作为比例函数的声音元件的空间变化。在图案识别领域中, 可统计计算不同的纹理特征, 以用不同的纹理特征对图像进行分类。因为与不同等级的地面覆盖相比, 相同的地面覆盖等级的数字图像通常包括更相同的灰度空间设置。使用纹理信息的概念检测车辆通过使用纹理特征来表征了人字形区中的 ROI。因此, 当未出现车辆 (参考纹理) 时, 可从 ROI 的唯一纹理中区别出现了车辆的 ROI 的纹理。如图 4 所示, 人字形区包括黑和白色带, 因此可用其唯一纹理来进行表征。在本发明中, 采用灰度同时发生矩阵 (GLCM) [2] 来提取 ROI 的纹理特征。

使用 GLCM 方法来计算 ROI 的纹理测量包括两个步骤。首先, 使用一灰度同时发生矩阵来提取 ROI 中的相邻象素的强度变化。该矩阵包括发生于窗口中的特定距离和角度关系所分离的象素对之间的任何灰度组

合频率。第二步骤是根据 GLCM 来计算统计值，来根据矩阵元件的相对位置描述空间纹理信息。可从该同时发生矩阵中计算出不同的纹理测量。在本发明中，对于人字形区中的车辆检测，使用两个纹理测量，即角度二阶矩 (ASM) 和对比度 (CON)。使  $I_{ROI}(x, y)$  为位置  $(x, y)$  处定义的 ROI 中的强度函数，使  $Q$  为量化强度级的数量。 $P_{ij}$  表示矩阵项，代表该区中两个相邻象素的发生数量，一个具有强度级  $i$ ，另一个具有强度级  $j$ 。必须用位移向量  $D$  来分离这两个相邻的象素。

$$P_{i,j}(D) = \# \left\{ [x_1, y_1], [x_2, y_2] \mid I(x_1, y_1)=i, I(x_2, y_2)=j, [(x_1, y_1) - (x_2, y_2)] = D \right\} \quad (12)$$

其中，#表示该组中的元件数量。如下选择两个计算参数  $Q$  和  $D$ :

$$Q=128$$

$$D: D \text{ 大小}=2, \text{ 具有垂直方位 } (\theta=90^\circ)$$

如下获得纹理测量:

$$ASM = \sum_{i=1}^Q \sum_{j=1}^Q P_{i,j}^2 \quad (13)$$

$$CON = \sum_{i=1}^Q \sum_{j=1}^Q (i-j)^2 * P_{i,j} \quad (14)$$

使纹理测量与背景纹理测量相匹配（未出现车辆的 ROI）。如果计量的参数与背景纹理测量“类似”，则识别 ROI 的状态为未出现车辆。如果提取的特征“不同于”背景特征，则识别 ROI 的状态为出现车辆。建议系统中使用的过程如下：

1. 根据 ROI 内所有象素  $(x, y)$ ，使用式 12 来生成灰度同时发生矩阵 (GLCM)。
2. 分别使用式 13 和式 14 来获得 ROI 的输入纹理特征：ASM 和 CON。

3. 比较输入纹理特征和背景特征(没有车辆):  $ASM_B, CON_B$

如果 ( $|ASM_B - ASM| < ASM_{Th}$  且  $|CON_B - CON| < CON_{Bh}$ )

则未出现车辆

否则出现车辆

4. 如果未出现车辆, 则更新背景特征:

$$ASM_B = ASM_B + (ASM - ASM_B) / R_{ASM}$$

$$CON_B = CON_B + (CON - CON_B) / R_{CON}$$

$ASM_{Th}$  和  $CON_{Bh}$  是恒定临界值。 $R_{ASM}$  和  $R_{CON}$  是分别定义背景特征  $ASM_{Th}$  和  $CON_{Bh}$  的更新速率的恒定参数。图 27 表示在人字形区检测车辆的图像处理过程的流程。

### 5. 3 交通参数提取

可将交通参数的提取分成两个部分, 即交通数据的提取和交通事故的检测。图 28 表示交通参数提取过程的流程。在模块 2801 中, 将 VDW 的状态识别为每个处理帧处的四个不同状态的一个。这四个状态是激活、去激活、有效和空闲。当车辆到达 VDW 时, 窗口处于激活状态。在激活模式后, 当车辆仍出现在后续帧中时, 则 VDW 将处于激活状态下。如果车辆离开 VDW, 即如果在先帧为激活, 且车辆未出现于当前帧中时, 则 VDW 为去激活状态。如果车辆未出现于在先和当前帧中, 则窗口处于空闲状态。

当 VDW 处于激活状态下时, 即当车辆首先激活 VDW 时, 车辆计数器增加 2806。使用轮廓速度提取技术 2806 获得车辆速度。当 VDW 处于有效模式下时, 出现于窗口中的车辆的帧数量, 即当前帧计数器将增加。

因此,当车辆出现于 VDW 中时确定时间长度。在 2808 中,当车辆离开 VDW 时,根据三个参数当前帧计数器、车辆速度、帧速率来计算车辆长度。帧速率是每个视频输入的每秒处理帧数量。当前帧计数器、还与帧速率一起来计算每个时间间隔的交通车道的平均时间占有。

### 5. 3. 1 轮廓速度提取

图 29 表示轮廓速率提取过程的流程。首先生成速度轮廓区 SPZ 内的边缘轮廓 2901。图 30 和图 31 表示两个连续帧  $f$  和  $f+1$  的 SPZ 的边缘轮廓函数的生成。与夜晚检测部分中所述的强度轮廓类似,从每个象素行的平均边缘密度  $E_{AVE}(y)$  来获得沿 SPZ 长度上的边缘轮廓。使用边缘轮廓在于它比强度轮廓更稳定,这是因为它不易受周围照明条件的变化影响。VDW 处于激活状态,则在模块 2904 处在从连续帧获得的两个边缘轮廓函数之间进行卷积。图 32 表示卷积的结果。在离开原点的偏移距离  $dx$  处,卷积具有最大峰值,该峰值可被译成车辆已从帧  $f$  到帧  $f+1$  所经过的距离。已知帧速率和  $dx$ ,可获得车辆的速度。

速度提取的过程如下所述:

1. 使用式 3、4 和 5 来获得 PSZ 中所有象素  $(x, y)$  的边缘值  $E(x, y)$ 。
2. 生成边缘轮廓:

对于所有  $y$ :对于 PSZ 中的每个象素行

-获得行  $y$  的平均边缘值:  $E_{AVE}(y \mid 帧=f)$

$$E_{ave}(y \mid \text{帧} = f) = \frac{\sum_{x=1}^{N(y)} E(x, y)}{N(y)}$$

(15)

3. 如果 VDW 的状态为激活 → 计算速度:

3a. 对函数  $E_{AVE}(y \mid \text{帧}=f)$  和  $E_{AVE}(y \mid \text{帧}=f-1)$  执行卷积,

对于所有  $y$ ,

$$C(z) = \sum_{\text{对所有 } y} E_{AVE}(y \mid \text{帧}=f) * E_{AVE}(y - z \mid \text{帧}=f-1) \quad (15)$$

3b. 对于所有  $z$ , 找出  $C(z)$  的最大值  $C_{\max}(z)$ :

→ 车辆速度  $\propto z_{\max} \mid C(z_{\max}) = C_{\max}(z)$ 。

4. 更新:  $E_{AVE}(y \mid \text{帧}=f-1)$  :

对于所有  $y$ :  $E_{AVE}(y \mid \text{帧}=f-1) = E_{AVE}(y \mid \text{帧}=f)$

### 5. 3. 2 事故检测

根据获得的交通数据来推出交通事故。事故类型包括拥挤、停止车辆（在交通车道或道路两侧）和错误路径交通。对于拥挤检测:

如果 (速度<较低速度极限且占有>较高占有极限),

则交通事故=拥挤

对于停止车辆检测:

如果 (速度==0 且车辆停止时间>停止时间极限)

则交通事故=停止车辆

对于错误路径交通检测:

如果 (速度<0),

则交通事故=错误路径交通。

可从轮廓速度提取过程获得的速度得到错误路径交通的检测。如果车辆沿与车流方向相反的相反方向行驶，则轮廓速度提取过程的卷积输出有一负的偏移  $dx$ 。因此，可用该偏移的标记作为车辆方向的指示。

## 参考

- [1] Rafael C Gonzalez 和 Richard E Woods , 数字图像处理 , Addison-Wesley 出版公司, 1992 年。
- [2] Danielle J Marceau, Philip J Howarth, Jean-Matie M Dubois and Denis J Gratton, “利用点肖像来评估路面分类的灰度同时发生矩阵方法”, IEEE transaction on Geoscience and Remote Sensing, 第 28 卷第 4 期, 1990 年 7 月。

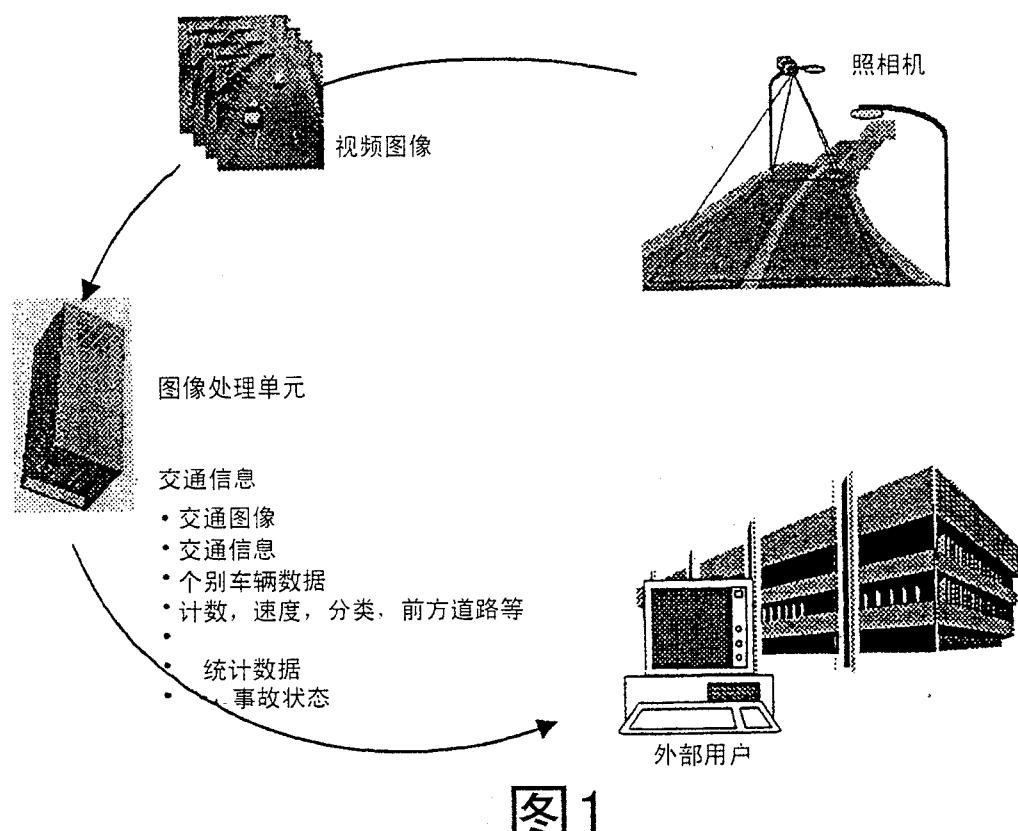


图1

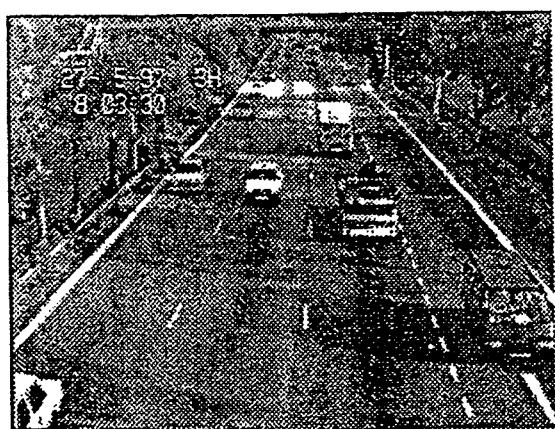


图2

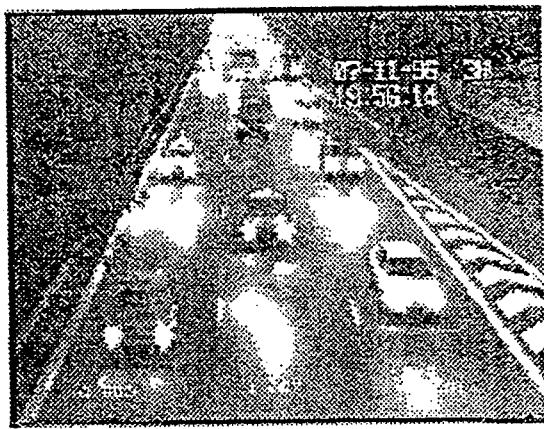


图3



图4

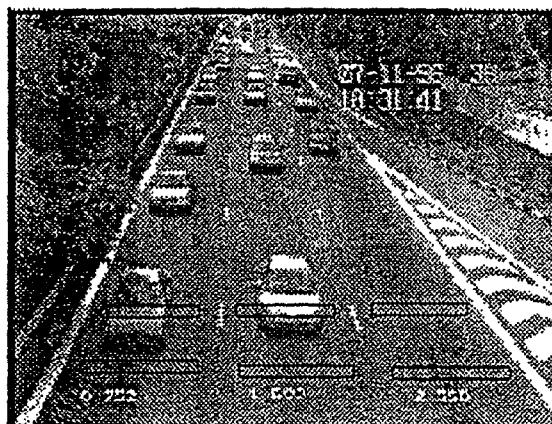


图5

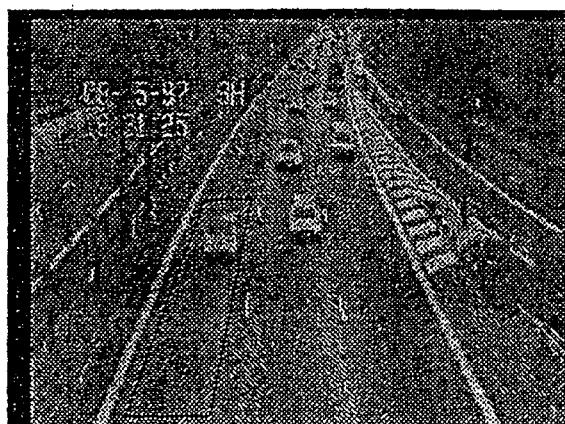


图6



图7

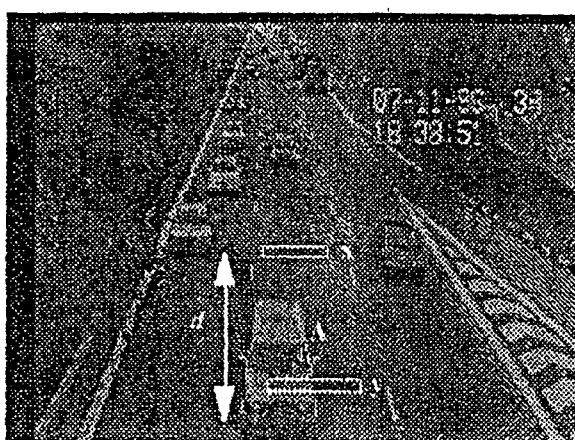


图8

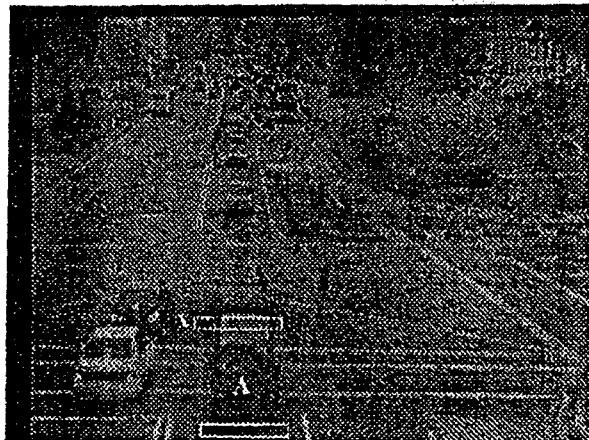


图9



图10



图11

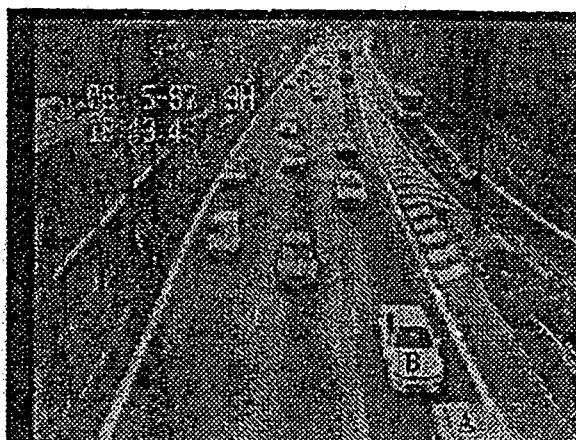


图12

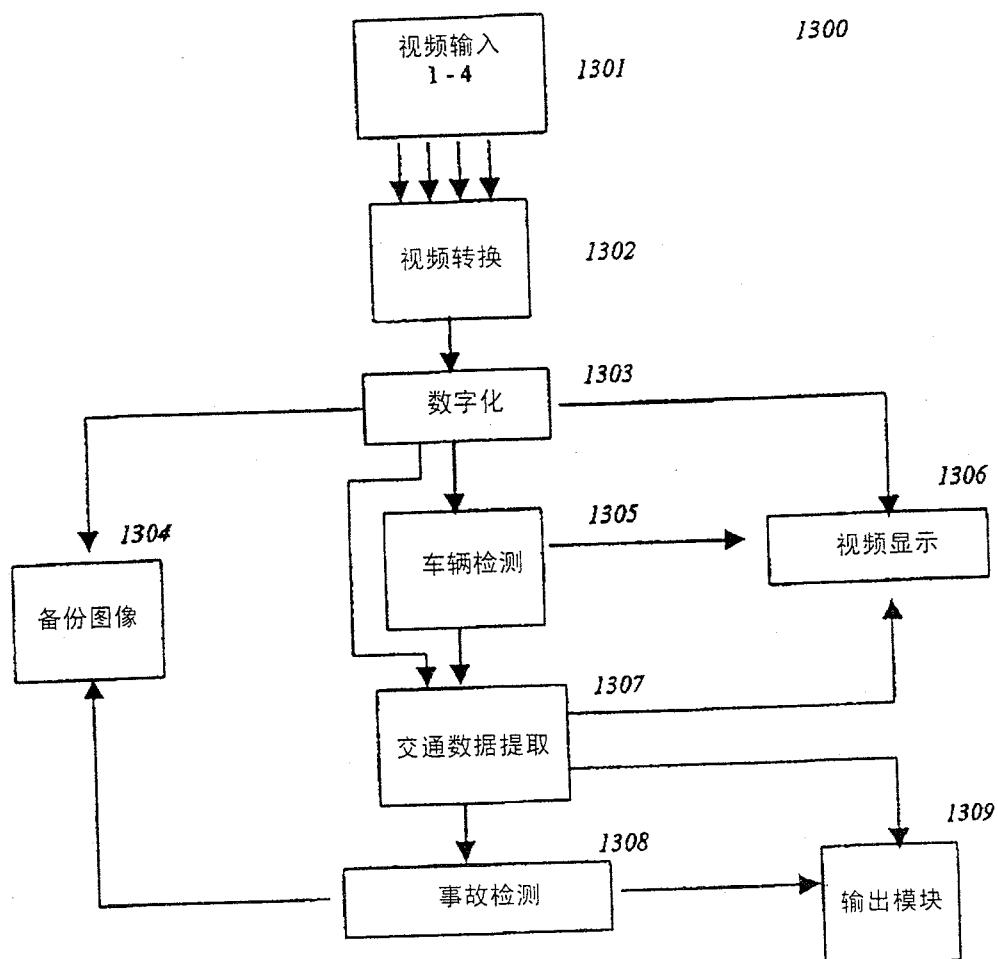
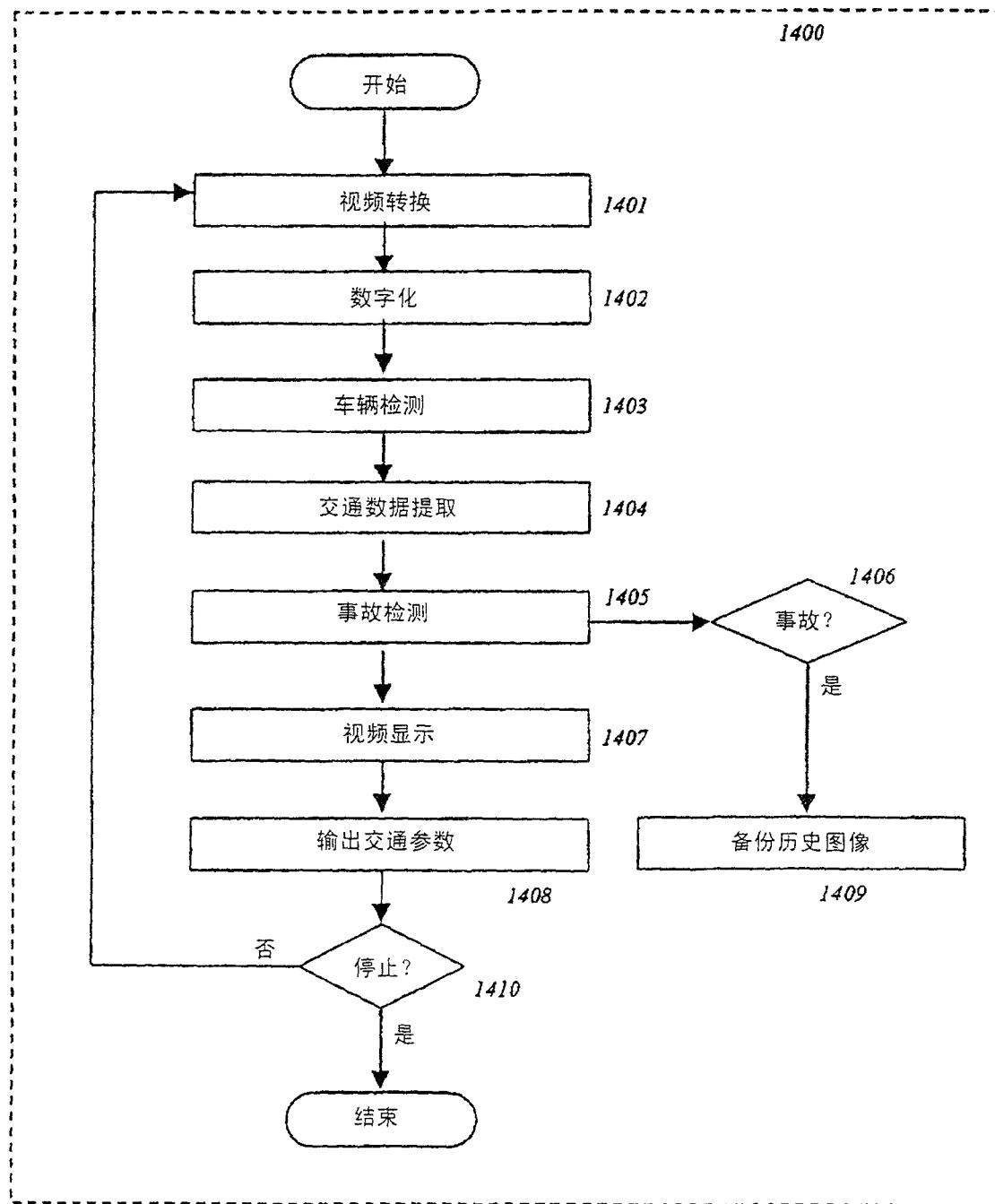


图13



冬 14

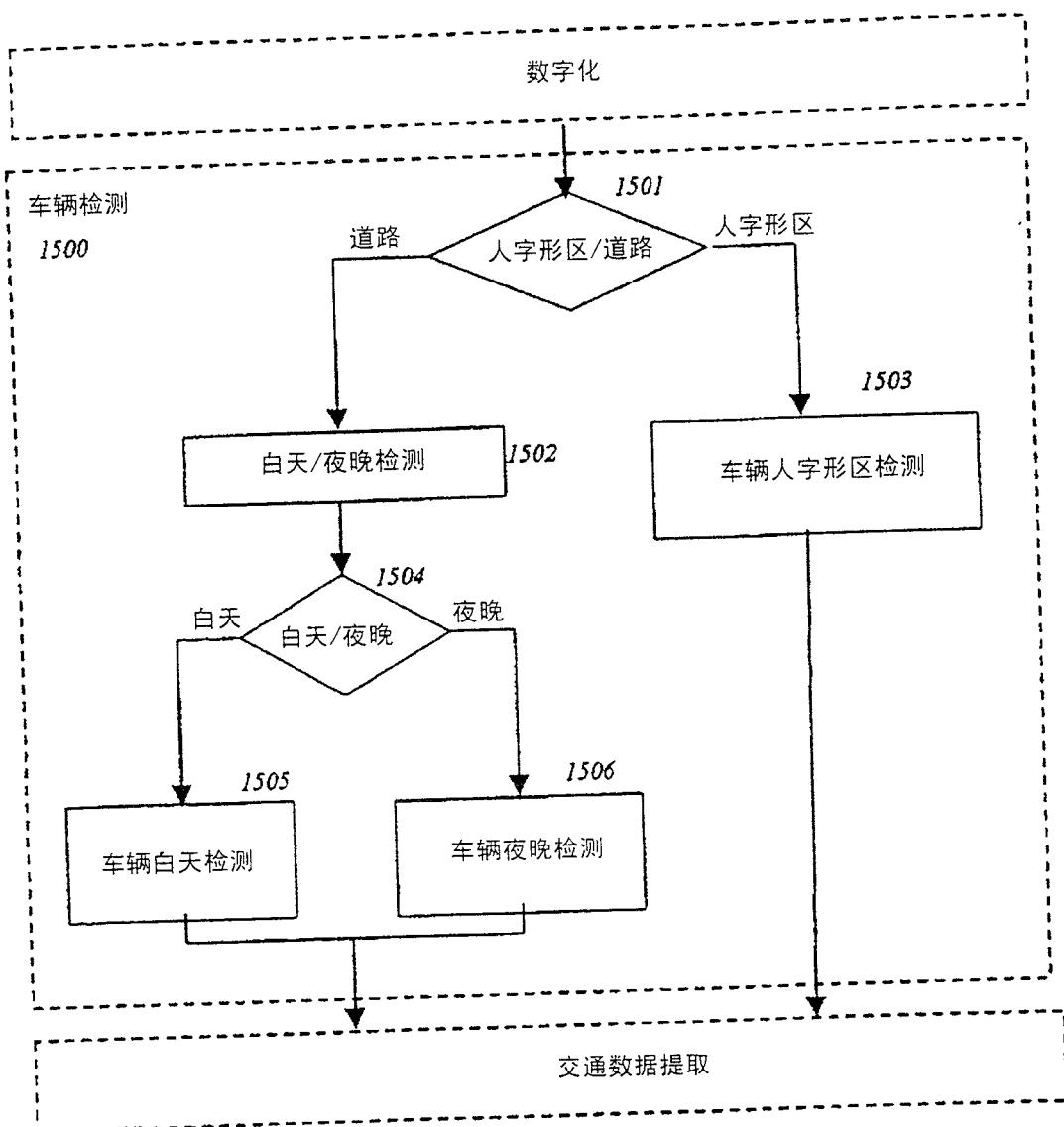


图 15

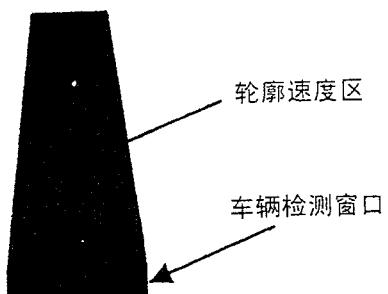
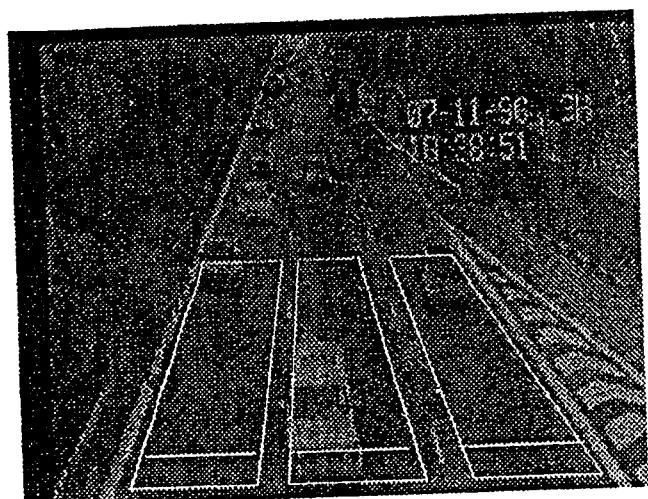


图 16

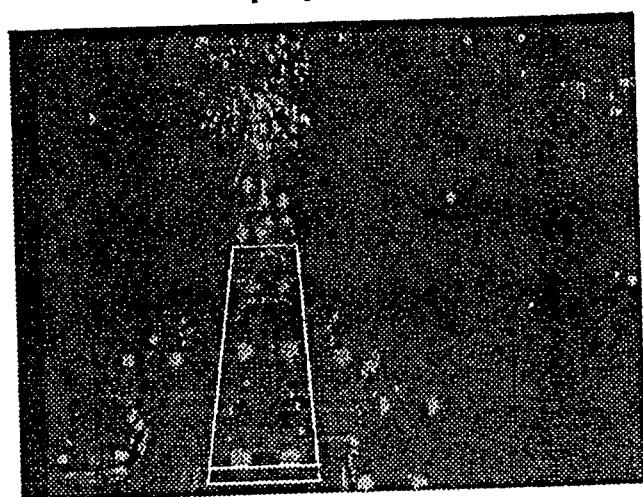


图 17

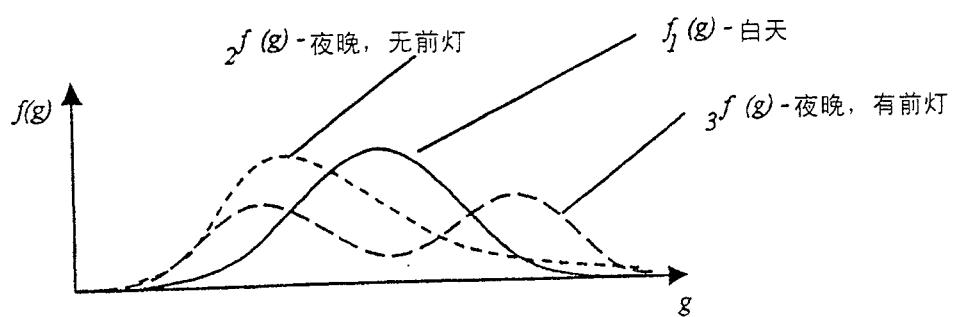


图 18

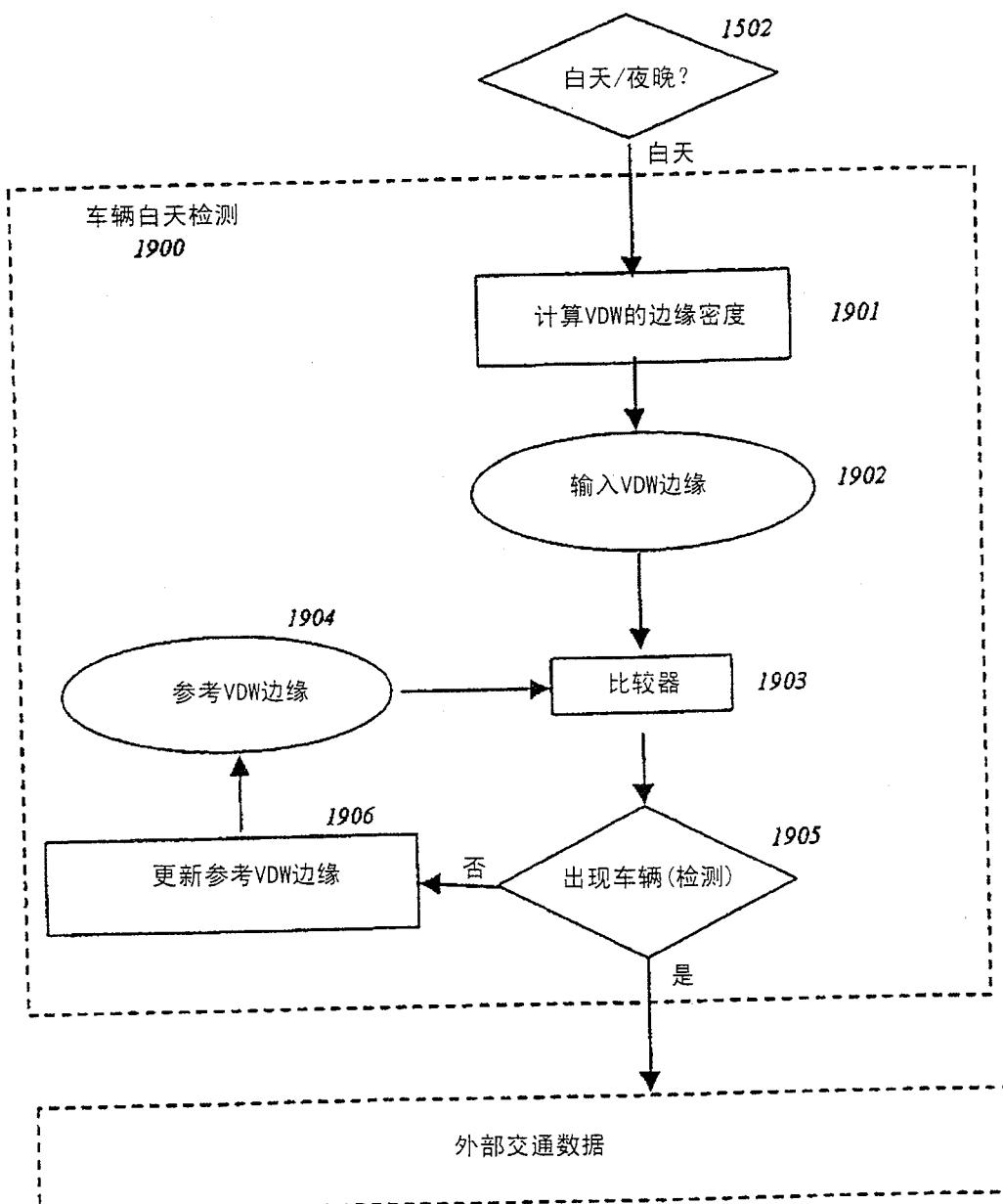


图19

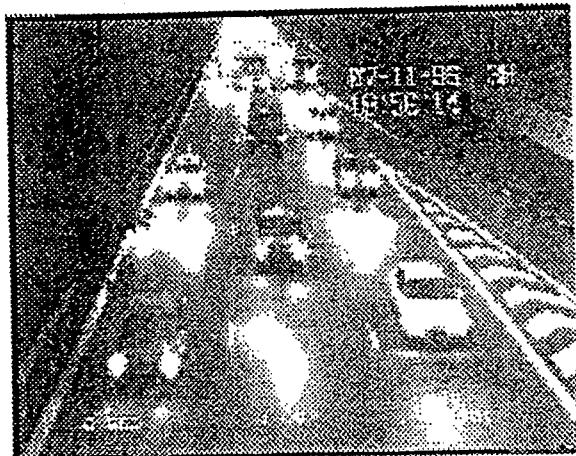


图 20

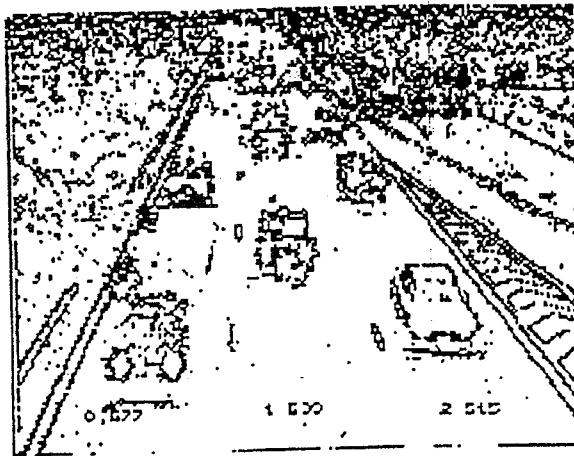


图 21

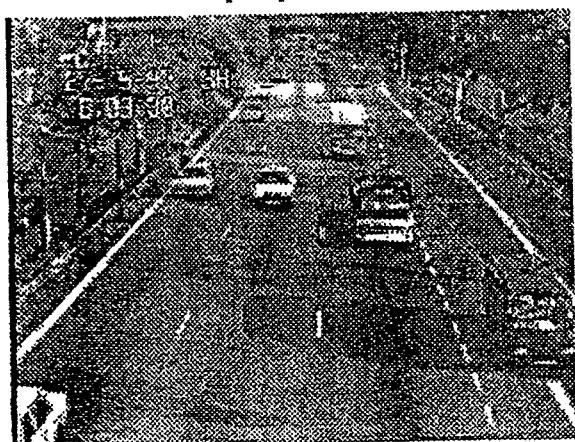


图 22

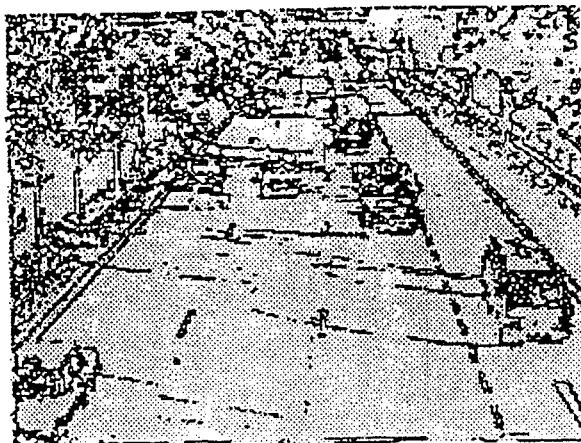


图 23

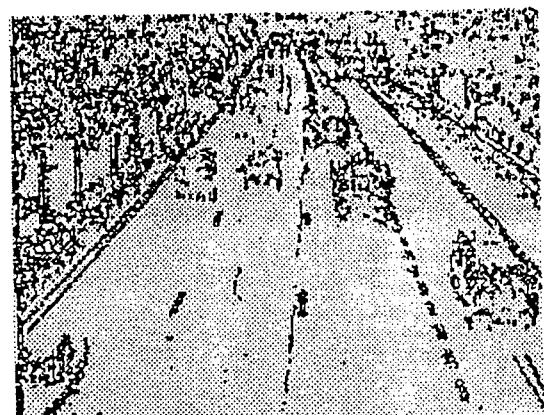


图 24

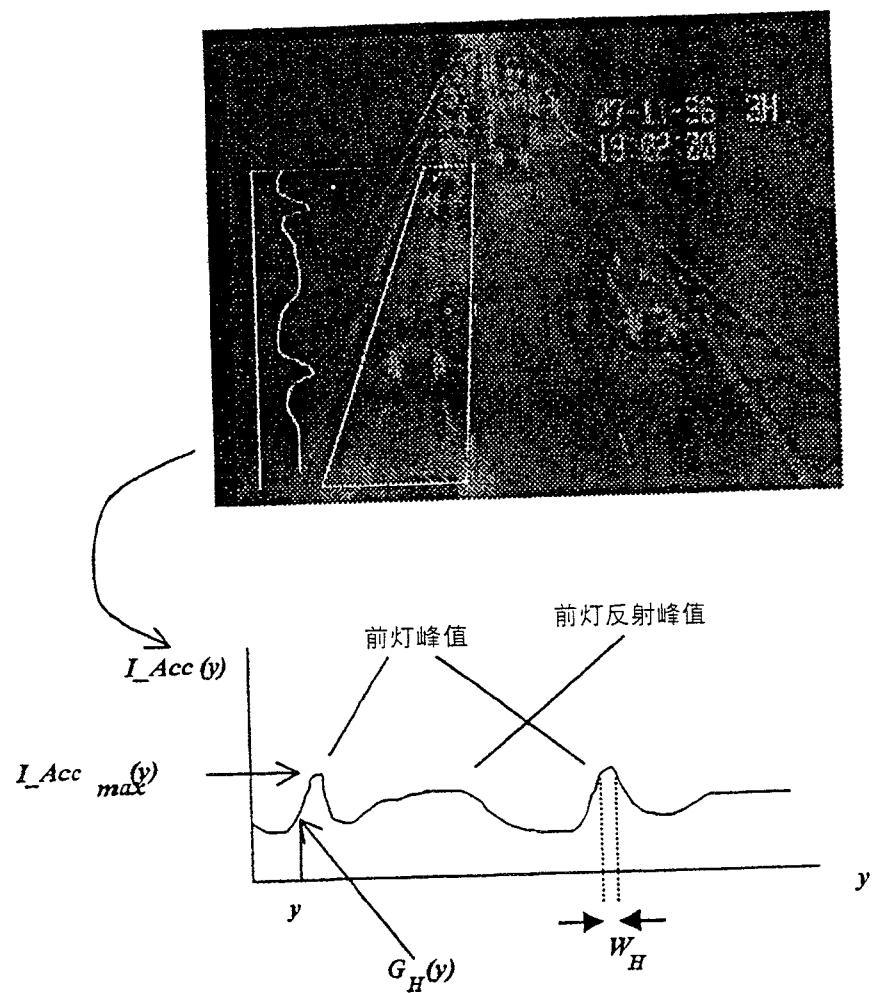


图25

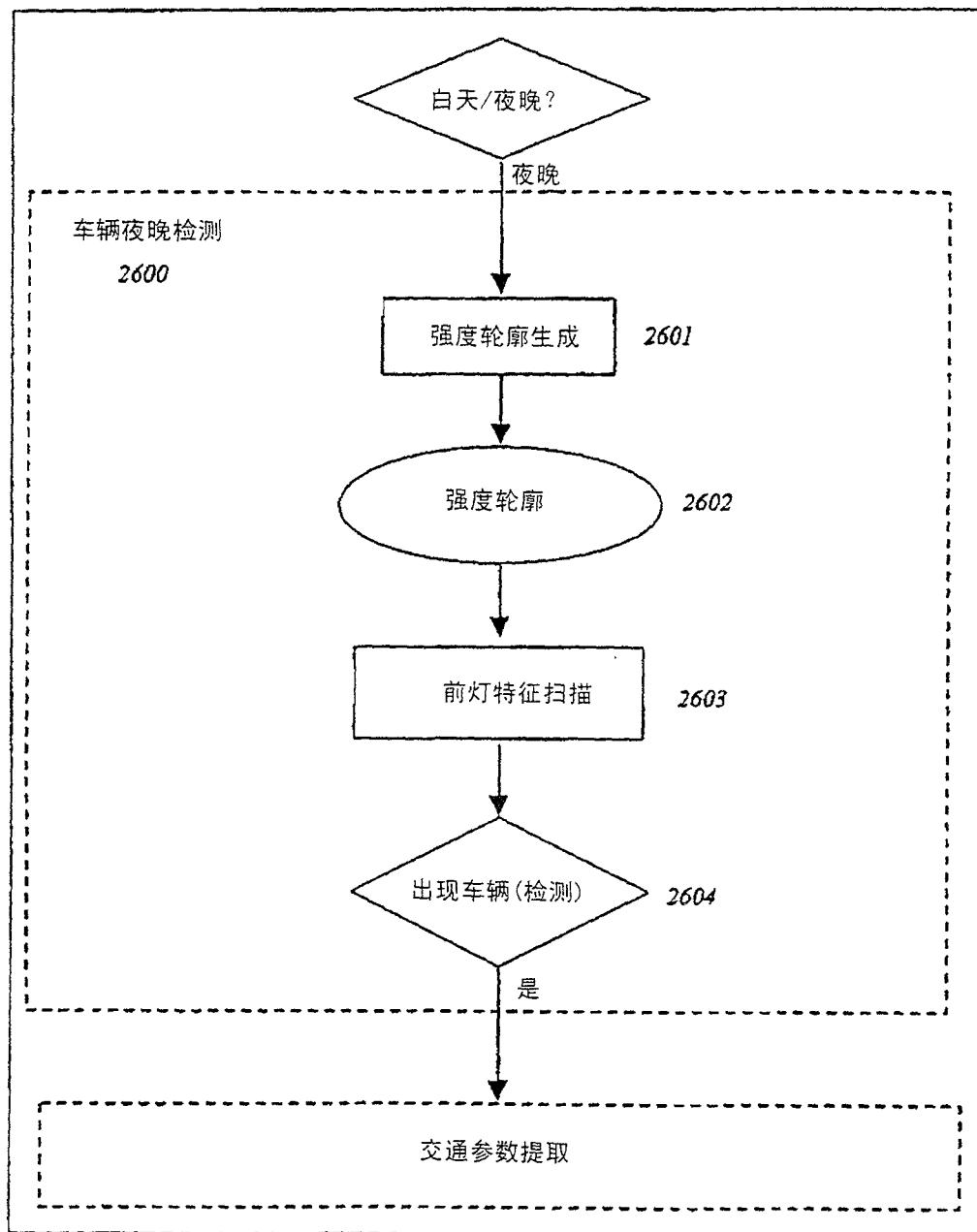
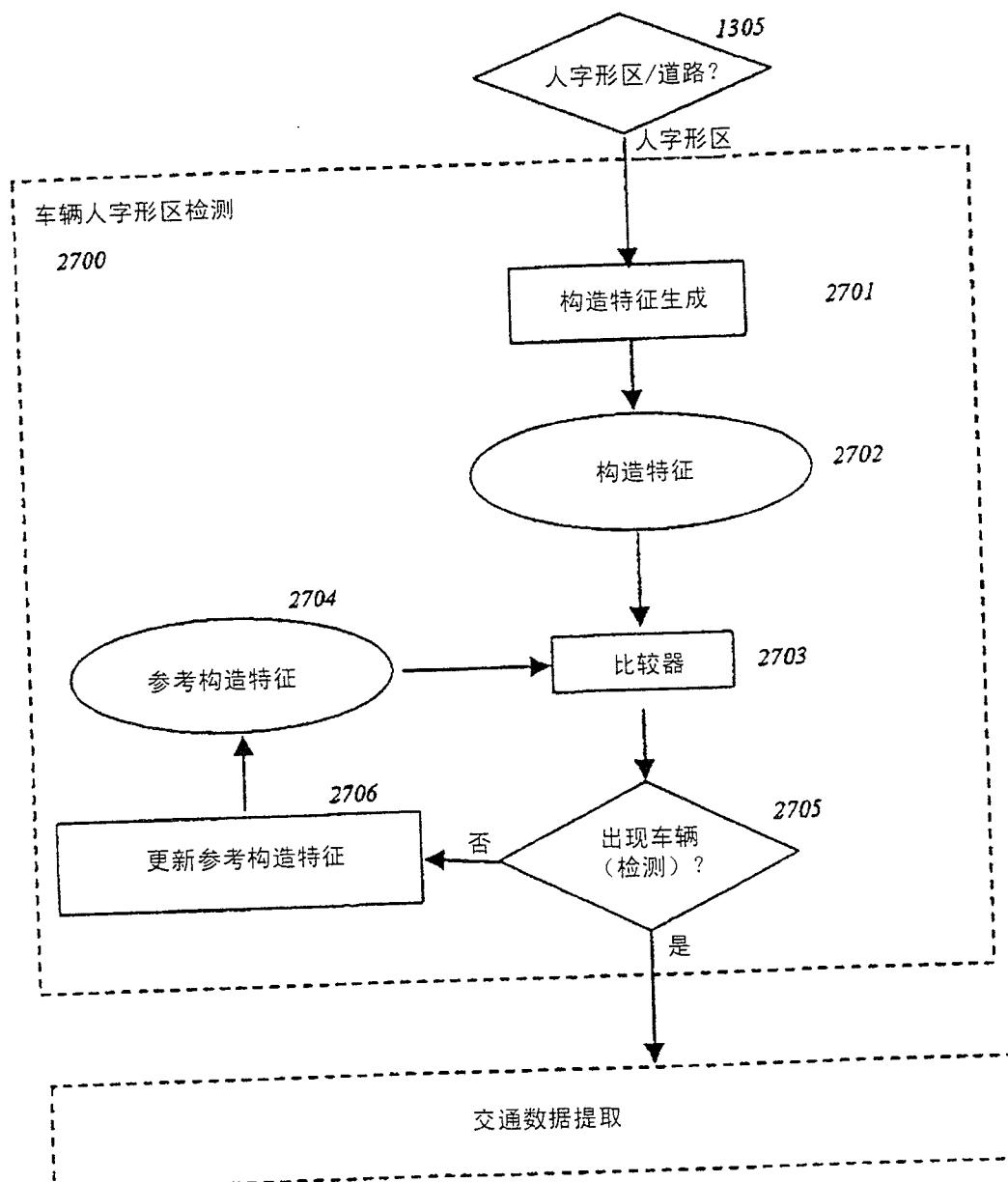


图26



冬 27

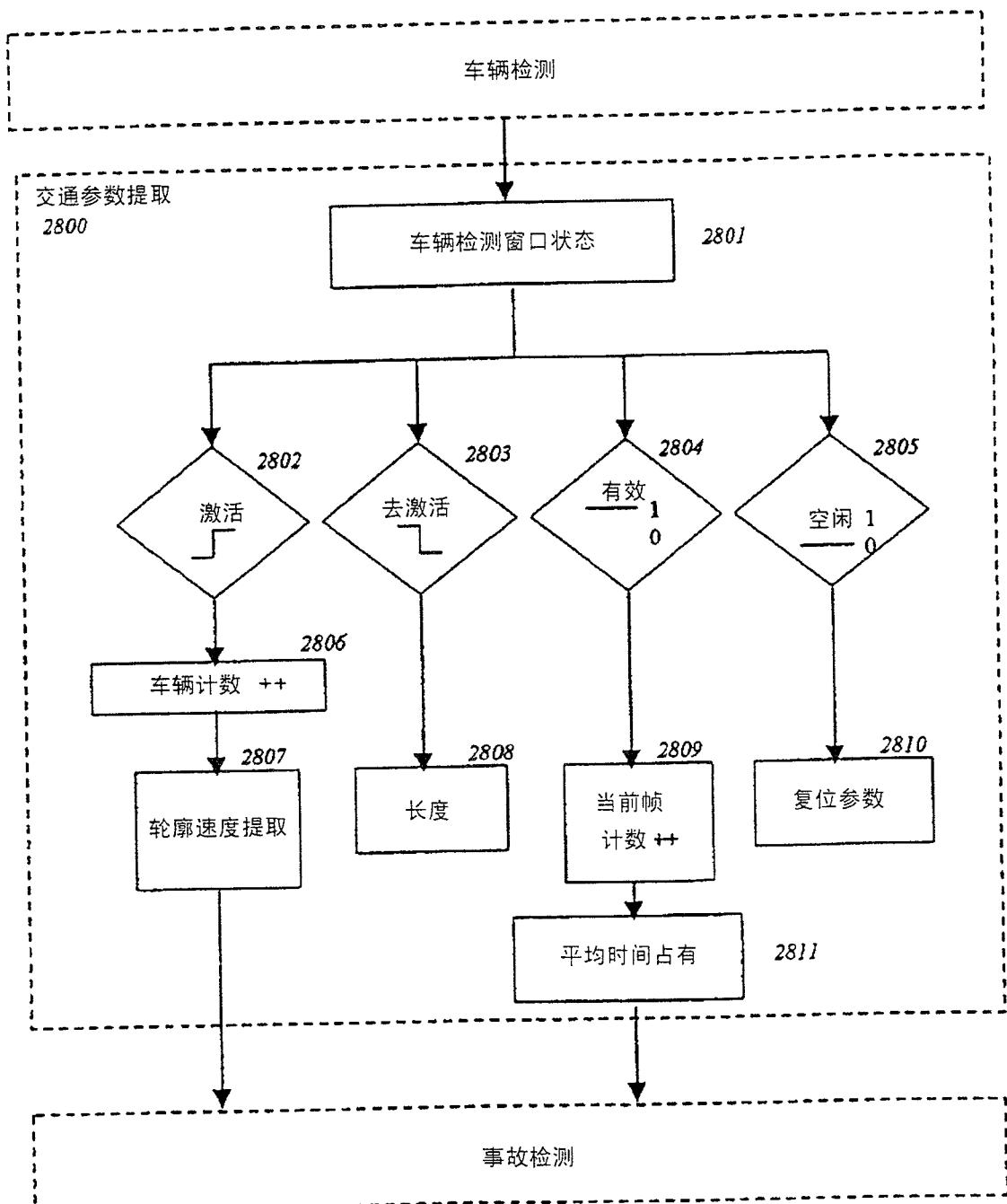


图 28

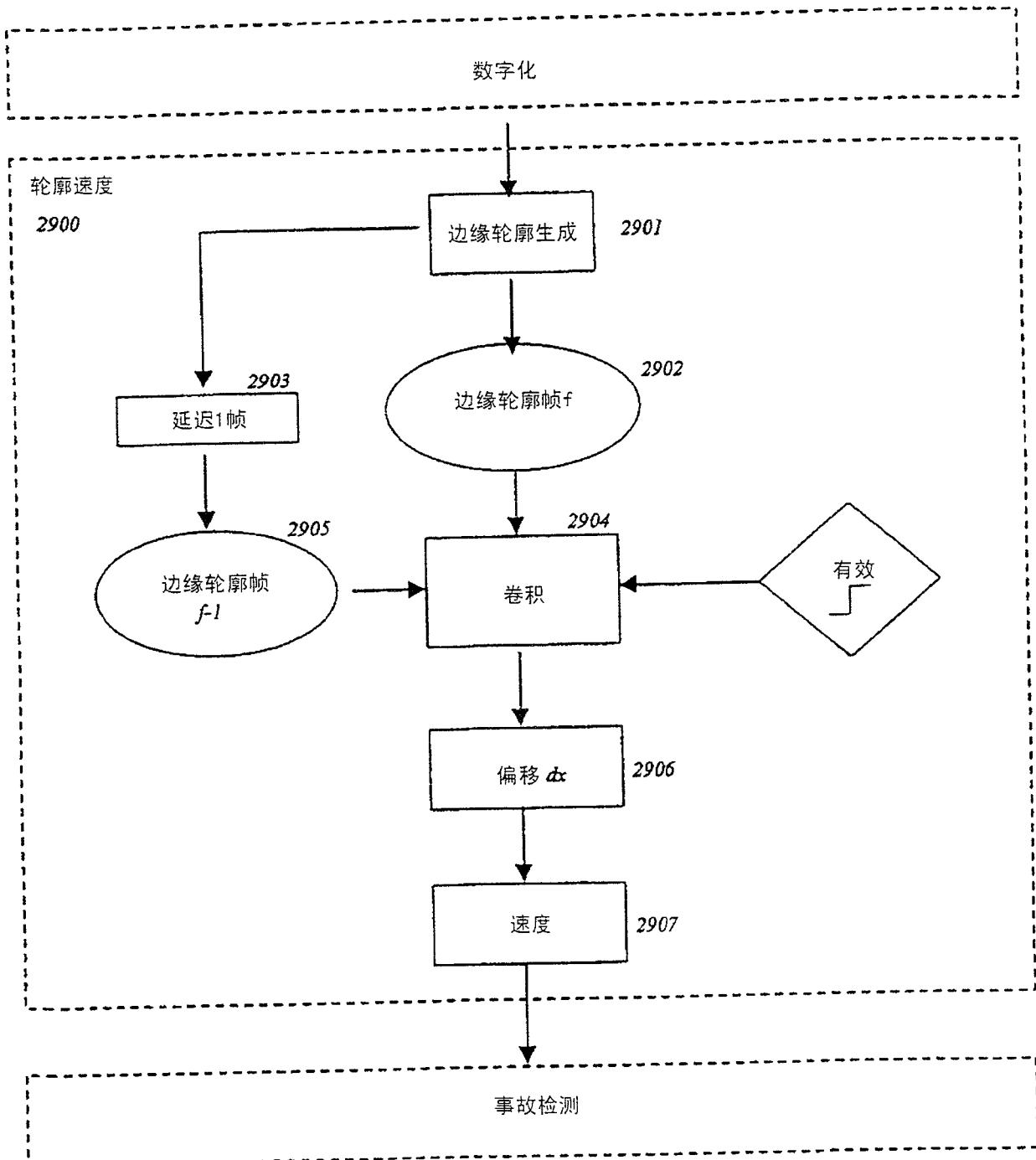


图 29

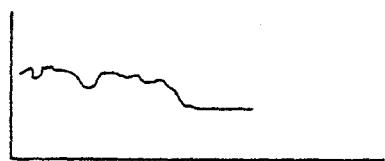
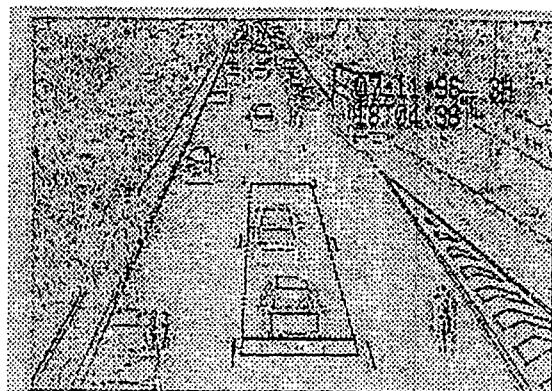
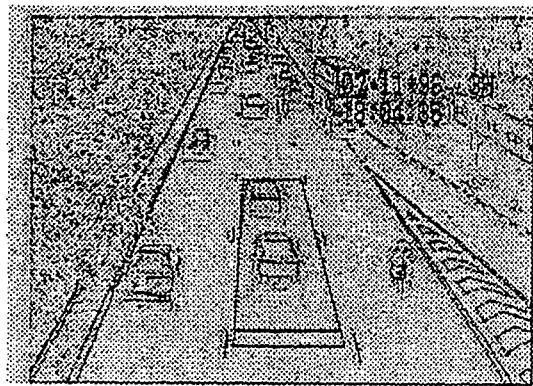


图30



图31

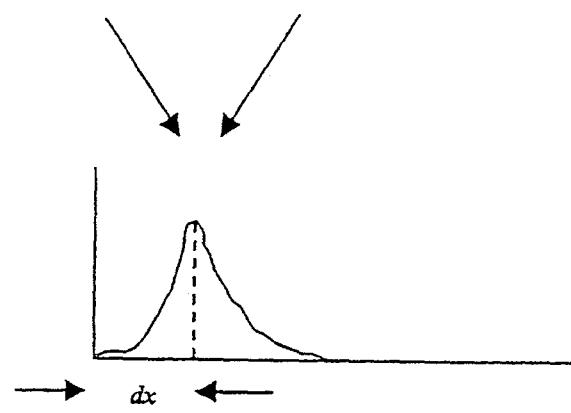
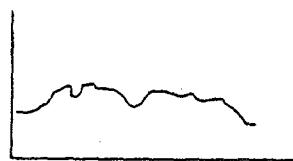
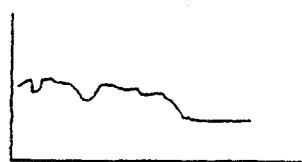


图32