 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i1.9029

Analysis of the vehicle speed identification Method Based on Video Images

Xin Liu

Yunnan Gansheng Forensic Appraisal Center, Kunming, Yunnan, 650200, China

Abstract

As a core element in determining liability for traffic accidents, vehicle speed identification by traditional methods is limited by subjectivity and uncertainty. This paper integrates multi-source video analysis technology with mechanical principles to construct a complete technical system including video preprocessing, reference object calibration, feature point tracking, and multi-scenario speed modeling. By adopting fixed and vehicle-mounted video dual-track calculation paths, combined with theories such as close-range photogrammetry and projective geometric cross-ratio invariance, the speed calculation models for complex scenarios are optimized. Verified by real cases, the method exhibits high precision and strong adaptability under different road conditions and video qualities. Its innovation lies in the organic integration of dynamic weight distribution of feature points and multi-source error correction, providing scientific technical support for judicial authentication of traffic accidents.

Keywords

Traffic accident; judicial appraisal; vehicle speed appraisal; appraisal method; video analysis

基于视频图像对车速的鉴定方法分析

刘鑫

云南乾盛司法鉴定中心，中国 • 云南 昆明 650200

摘　要

车辆速度是交通事故责任认定的核心要素，传统鉴定方法受主观性与不确定性限制。本文融合多源视频分析技术与力学原理，构建涵盖视频预处理、参照物标定、特征点跟踪及多场景速度建模的技术体系。通过固定式与车载式视频双轨计算路径，结合近景摄影测量、射影几何交比不变性等理论，优化复杂场景速度计算模型。经真实案例验证，该方法在不同路况与视频质量下均具备高精度与强适应性，其创新点在于实现特征点动态权重分配与多源误差修正的有机融合，为交通事故司法鉴证提供科学技术支撑。

关键词

交通事故；司法鉴定；车辆速度鉴定；鉴定方法；视频分析

1 引言

车辆速度是交通事故责任认定中的关键因素之一，传统的车速鉴定方法依赖于现场勘查和目击者证词，但这些方法往往存在主观性和不确定性。随着视频监控技术的普及，利用监控视频、车载行车记录仪进行车速鉴定，成为一种可行且有效的方法。本文通过视频分析技术，提出一种科学、客观的车速鉴定方法，并通过实际案例进行验证。

2 技术流程

2.1 视频资料

视频数据源包括固定式监控、车载行车记录仪等，需满足画面连续无丢帧、帧率已知（常见 25fps 或 30fps）、分辨率不低于 1280 × 720 像素的要求，特殊编码格式需无损转换。预处理采用高斯滤波去噪、透视变换校正畸变、帧间差分法突出运动轨迹，翻拍视频需先校准帧率并剔除异常帧 [1]。

2.2 参照物选取与测距原则

参照物需符合稳定性、可测性、显著性要求，道路环境优先选择路面标线、电线杆等固定设施（激光测距仪或全站仪实测，精度 ±0.01m），车辆自身选取前后轮轴中心点等全程可见的刚性关联特征点。测距时道路参照物多点测量取平均，车辆自身尺寸通过手册查询或现场实测。非垂直拍摄视角采用射影几何交比不变性原理消除误差（见图 1）。

2.3 时间标定逐帧分析法

借助 Kinovea 等专业软件，通过逐帧步进、帧序号记录实现时间标定。先确认视频帧率，不稳定视频采用 10 秒滑动窗口法计算平均帧率 [2]。记录车辆特征点通过参照线的起止帧序号，非整数帧跨越采用帧间插值法，丢帧或多帧情

【作者简介】刘鑫（1982–），男，中国云南元阳人，本科，工程师，从事司法鉴定研究。

况通过特征点坐标差值分析补全或剔除，时间计算误差控制在帧间隔 10% 以内。

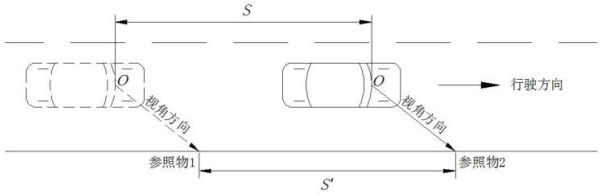


图 1 车载式视频图像车速计算参照物与车辆位置示意图

3 视频分析技术

3.1 固定式视频图像两轴汽车行驶速度计算方法及目标车辆行驶速度的计算步骤

a) 逐帧检测视频图像，观测视频图像的帧率 f，计算相邻两帧图像之间的间隔时间 $t=1/f$。

b) 选取或设定某一参照物。

c) 记录目标车辆左前轮至左后轮通过该参照物时所用图像帧数 $n=(n_1,n_2)$，其中 $n_1<n_2$。并记录时间 $T=t\times n$。

d) 确定目标车辆的轴距 L 和轮距 B。

e) 测量目标车辆左前轮胎与地面接触点移动的距离 s_1，左后轮胎与地面接触点移动的距离 s_2。

f) 测量目标车辆质心距左后轮轮心沿车身纵轴方向的距离 P 和垂直于车身纵轴方向的距离 Q。

g) 计算目标车辆的行驶速度：

$$v=\omega\times R=\frac{\sqrt{s_1^{\,2}-s_2^{\,2}}}{L\times n}\times f\times\sqrt{\left(\frac{s_2\times L}{\sqrt{s_1^{\,2}-s_2^{\,2}}}+Q\right)^2+P^2}$$

h) 在实际应用中，可通过计算左后轮的行驶速度给出目标车辆行驶速度的下限值：

$$v_{\min}=\frac{s_2}{n_2}\times f$$

3.2 车载式视频图像的车辆行驶速度计算

3.2.1 计算步骤

a) 逐帧检测视频图像，观测视频图像的帧率 f，计算相邻两帧图像之间的间隔时间 $t=1/f$。

b) 选取两个道路环境参照物作为参照物 1 和参照物 2。

c) 选取视频图像的某一视角方向，确定该视角与车身的交点 O 并作为虚拟参照物。

d) 记录交点 O 沿视角方向通过两个道路环境参照物之间的图像帧数 $n=(n_1,n_2)$，其中 $n_1<n_2$。

e) 测量参照距离 S'。

f) 用公式 (1) 或公式（2）计算目标车辆的视频图像同一视野位置通过两个参照物时的行驶速度。

3.2.2 目标车辆沿直线路行驶的速度计算步骤

a) 逐帧检测视频图像，观测视频图像的帧率 f，计算相邻两帧图像之间的间隔时间 $t=1/f$。

b) 沿车辆行驶方向向右前方选取视角方向 1，确定该视角方向与车身的交点 O 并作为虚拟参照点 [3]。

c) 选取两个道路环境参照物作为参照物 1 和参照物 2。

d) 记录交点 O 沿视角方向 1 通过参照物 1 和参照物 2 的图像帧数 $n=(n_1,n_2)$，其中 $n_1<n_2$。

e) 测量两个道路环境参照物之间的距离 S'。

f) 测量交点 O 在路面垂直投影点 O' 的移动距离 s。

g) 测量投影点 O' 运动轨迹与两个道路环境参照物间的垂直距离 ΔR。

h) 确定目标车辆质心的角速度 ω 和车身交点 O 的转弯半径 R_1：

$$\omega=\frac{s-S'}{\Delta R\times T}=\frac{s-S'}{\Delta R\times n}\times f$$

$$R_1=\frac{s\times\Delta R}{s-S'}$$

i) 测量目标车辆质心距车身交点 O 沿车身纵轴方向的距离 U 和垂直于车身纵轴方向的距离 W。

j) 目标车辆质心的转弯半径：

$$R=R_1+W=\frac{s\times\Delta R}{s-S'}+W$$

k) 目标车辆的车载监控录像同一视野位置通过两个道路环境参照物时的行驶速度：

$$v=\omega\times R=\frac{s-S'}{\Delta R\times n}\times f\times\left(\frac{s\times\Delta R}{s-S'}+W\right)$$

目标车辆沿曲线路行驶时，可以根据实际情况给出目标车辆行驶速度的上限值或下限值。

3.3 目标车辆沿曲线行驶的速度

曲线行驶速度计算需基于车辆刚体运动特性，单刚体车辆直接采用质心速度建模，多刚体车辆以牵引车或第一节车体的行驶速度作为整车速度基准，多轴汽车需先等效为两轴汽车，通过轴距等效换算后再进行速度计算 [4]。

3.3.1 沿较小转弯半径的行驶速度计算

目标车辆转弯时，车身不同部位特征点的运动轨迹为同心圆弧，半径存在差异。当摄像设备处于目标车辆内侧时，内侧特征点运动半径小于后轴中心点，其速度低于后轴中心点速度。当摄像设备处于外侧时，外侧特征点运动半径大于后轴中心点，速度高于后轴中心点速度。

计算时需选取后轴中心点作为核心特征点，该点运动轨迹最接近车辆实际行驶路径。通过视频帧提取后轴中心点连续坐标，采用圆弧拟合算法确定转弯半径 R，结合时间序列计算角速度 ω，代入公式 $V=R\times\omega$ 求解速度。对于特征点难以识别的情况，采用车身轮廓几何中心替代，

通过轮廓边缘点坐标拟合中心位置，确保每帧中心坐标计算误差不超过 5 像素。

3.3.2 沿较大转弯半径的行驶速度计算

当车辆转弯半径较大时，车身横向速度分量占比减小，可通过修正系数简化计算：

a) 对于车宽 ≤1.8m 的车辆，当转弯半径 RC≥40m 时，修正系数 μ 取值范围为 0.978~1.023，此时横向速度分量对总速度的影响小于 2%，可忽略修正直接采用直线行驶速度计算模型。

b) 对于 1.8m≤车宽≤2.5m 的车辆，当转弯半径 RC≥50m 时，修正系数 μ 取值范围为 0.975~1.019，同样可省略修正步骤。修正系数 μ 通过大量实车试验数据拟合得到，涵盖不同车型、车速与转弯半径组合场景，确保简化计算的可靠性。

3.4 计算方法优化

采用 Kinovea 运动跟踪软件进行视频解析，该软件支持特征点手动标注与自动跟踪，可导出跟踪点的 X、Y 坐标与时间序列数据。操作时先选取视频中匀速运动的参照物体（如道路标线、固定建筑物），对其特征点进行逐帧跟踪，通过相邻帧坐标差值分析，识别缺失帧或多帧位置：若某组差值为其他差值的 n 倍，则判定该位置缺失 n-1 帧，采用线性插值法补全坐标数据，确保轨迹连续性 [5]。

车辆轨迹提取需遵循特征点优选原则：优先选择车牌边缘点与地面投影点，此类特征点在不同光照条件下均具有较高稳定性，车牌边缘点平均误差可控制在 1.5% 以内，地面投影点误差不超过 1.8%。车身边缘点与后视镜点可作为辅助特征点，用于交叉验证。以云 GW8777 号小型普通客车为例，选定左前后轮轮轴中心点作为核心跟踪点，该点与车辆运动刚性关联，跟踪过程中通过帧间匹配算法确保点迹连续，最终获取完整运动轨迹数据（见图 2、3、4）。



图 2 运动跟踪开始示意图

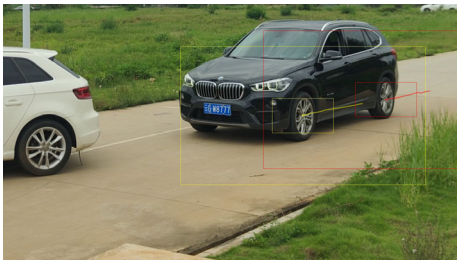


图 3 运动跟踪结束示意图



图 4 运动动轨示意图

基于速度公式 $V=\frac{S}{T}$，结合实测轴距 S=2.78m 与跟踪获取的时间数据，计算车辆通过视频路段的瞬时速度。为提高精度，采用多特征点融合模型，根据各特征点的有效跟踪帧数分配权重，跟踪帧数越长权重越大，通过加权平均计算最终速度：$V_{avg}=\frac{\sum_{i=1}^{n} w_i V_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}$ 其中 w_i 为第 i 个特征点的权重，V_i 为该特征点计算的速度值，该模型可有效降低单一特征点误差对结果的影响。

3.5 数据处理与标准依据

运用跟踪软件导出的 X、Y 坐标数据，构建 Excel 电子表格进行量化分析，严格遵循 GA/T 1133-2014《基于视频图像的车辆行驶速度技术鉴定》与 DB53/T 806-2016《基于视频图像的道路交通事故分析方法》5.1.1 条规定，采用分段计算法获取每帧速度值：将视频序列按 10 帧为一段划分，计算每段平均速度，再通过滑动平均法平滑数据，消除瞬时波动干扰 [6]。

数据处理过程中需进行多重校验：通过车辆动力学模型验证速度合理性，确保计算结果在车辆物理性能允许范围内。对比不同参照物计算的速度值，偏差超过 3% 时需重新检查参照物选取与测距过程。结合现场勘查数据，如制动痕迹长度、碰撞变形量等，进行交叉印证，形成完整证据链（见表 1）。

表 1 云 GW8777 号小型普通客车运动特征点跟踪数据统计表

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Track			Track					
2	Label :	前轮40秒10帧至		Label :	后轮40秒10帧至				
3	Coords (x,y:px, t:time)			Coords (x,y:px, t:time)					
4	x	y	t	x	y	t	时间	时标	速度
5	2832.93	617.15	5:05:22:18	2883.85	522.16	5:05:22:18	40.4	40.52	39.356888
6	2823.93	631.24	5:05:22:22	2874.85	539.16	5:05:22:22	40.44	40.56	39.357381
7	2817.18	645.95	5:05:22:26	2863.85	557.16	5:05:22:26	40.48	40.6	39.328469
8	2811.34	657.11	5:05:22:30	2856.85	573.16	5:05:22:30	40.52	40.64	39.340159
9	2804.34	670.11	5:05:22:34	2848.85	590.16	5:05:22:34	40.56	40.68	39.376304
10	2797.59	683.86	5:05:22:38	2840.85	602.99	5:05:22:38	40.6	40.72	39.333831
11	2794.93	694.63	5:05:22:42	2833.85	615.99	5:05:22:42	40.64	40.76	39.370354
12	2787.94	704.03	5:05:22:46	2826.85	630	5:05:22:46	40.68	40.8	39.237209
13	2785.36	715.46	5:05:22:50	2818.85	644.99	5:05:22:50	40.72	40.84	39.381477
14	2779.19	725.44	5:05:22:54	2812.85	656	5:05:22:54	40.76	40.88	39.339054
15	2773.19	734.74	5:05:22:58	2806.85	669	5:05:22:58	40.8	40.92	39.323768
16	2766.19	746.63	5:05:22:62	2800.52	682.91	5:05:22:62	40.84	40.96	39.324694
17	2763.36	755.53	5:05:22:66	2794.52	693.91	5:05:22:66	40.88	41	39.334566
18	2758.36	763.44	5:05:22:70	2790.27	702.83	5:05:22:70	40.92	41.04	39.325072
19	2752.36	770.34	5:05:22:74	2784.85	714.67	5:05:22:74	40.96	41.08	39.358816
20	2749.62	778.32	5:05:22:78	2784.84	724.67	5:05:22:78	41	41.12	39.375
21	2744.62	786.32	5:05:22:82	2773.84	733.67	5:05:22:82	41.04	41.16	39.375
22	2745.04	794.22	5:05:22:86	2768.93	745.84	5:05:22:86	41.08	41.2	39.393512
23	2741.03	801.42	5:05:22:90	2763.93	754.84	5:05:22:90	41.12	41.24	39.360614
24	2736.03	810.22	5:05:22:94	2758.93	762.84	5:05:22:94	41.16	41.28	39.3015
25	2731.03	816.22	5:05:22:98	2756.1	769.68	5:05:22:98	41.2	41.32	39.310345
26	2728.02	823.12	5:05:23:02	2752.1	777.68	5:05:23:02	41.24	41.36	39.321106
27	2723.02	829.12	5:05:23:06	2747.1	785.68	5:05:23:06	41.28	41.4	39.321106
28	2723.45	835.18	5:05:23:10	2742.1	793.68	5:05:23:10	41.32	41.44	39.257681
29	2719.45	841.48	5:05:23:14	2739.1	800.68	5:05:23:14	41.36	41.48	39.188655
30	2716.45	849.48	5:05:23:18	2733.36	809.68	5:05:23:18	41.4	41.52	39.031192
31	2716.87	855.31	5:05:23:22	2731.44	815.59	5:05:23:22	41.44	41.56	39.068208
32	2712.87	860.52	5:05:23:26	2728.44	822.59	5:05:23:26	41.48	41.6	38.988744
33	2708.88	866.03	5:05:23:30	2725.44	828.59	5:05:23:30	41.52	41.64	38.968482

3.6 时间—速度曲线构建

基于匀变速直线运动中平均速度等于中间时刻瞬时速度的原理，选取视频序列中的关键时段，计算每个时间节点的瞬时速度值。以云 GW8777 号小型普通客车为例，选取 40.4s 至 41.6s 时段，每隔 0.04s 提取一组速度数据，建立时间 - 速度坐标系，采用多项式拟合算法绘制曲线，该曲线可直观反映车辆加速、匀速、制动等运动状态变化。

曲线分析需关注特征节点：速度峰值点对应车辆最大行驶速度，斜率变化点对应加速或制动起始时刻，曲线平缓段对应匀速行驶状态。通过曲线积分可计算车辆在特定时段内的行驶距离，与视频中参照物间距进行比对，进一步验证速度计算的准确性（见图 5）。

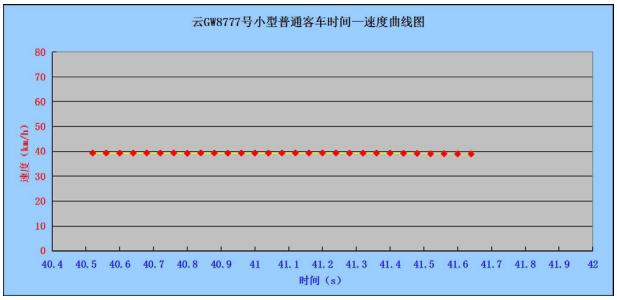


图 5 云 GW8777 号小型普通客车时间 – 速度曲线图

4 案例分析

4.1 案例背景

城市主干道追尾事故中，前方云 G87W17 号轿车被后方云 GW8777 号 SUV 追尾，事故路段限速 60km/h，固定式监控与 SUV 车载记录仪完整记录全过程，需鉴定 SUV 制动前行驶速度。

4.2 视频分析过程

对固定式视频进行去噪、畸变校正，车载视频采用图像稳定算法处理抖动。采用双特征点跟踪策略，通过 Kinovea 软件逐帧跟踪并补全 3 帧缺失数据（有效帧率 25fps）。识别制动起始与终止帧，结合道路标线计算制动距离 8.9m（误差＜ 0.3m）。

4.3 力学计算

通过 SUV 车辆技术手册获取关键参数：制动力系数 $\varphi = 0.65$，滚动阻力系数 $f = 0.011$，车辆质量 m=1607kg。结合制动距离 s，采用制动速度公式计算制动前速度：$v = \sqrt{2gs(\varphi + f)}$ 其中 g 为重力加速度 9.8m/s²，代入数据计算得 v=38.3km/h。

同时采用视频分析方法进行速度解算：基于固定式视频，通过轴距 2.78m 与跟踪帧数计算得速度 38.9km/h。基于车载视频，运用射影几何交比不变性原理修正视角误差，计算得速度 39.6km/h。三种方法计算结果偏差均小于 1%，验证了数据可靠性。

4.4 结果分析

综合视频分析与力学计算结果，确定 SUV 制动前行驶速度为 38.9km/h，该速度低于路段限速 60km/h，但结合制动距离与碰撞程度分析，车辆未保持安全车距是事故主要原因。该鉴定结果与现场勘查的制动痕迹长度、车辆碰撞变形量等数据高度吻合，同时得到双方当事人认可，为事故责任认定提供了坚实的技术支撑。

5 结论

本文整合力学原理与视频分析技术，以运动跟踪软件为核心，通过特征点动态跟踪与多源误差修正，构建了科学客观的车速鉴定方法。经案例验证，该方法准确性、实用性与可靠性突出，可为交通事故责任认定提供坚实技术支撑。未来可进一步优化算法，提升鉴定精度与效率。

参考文献

[1] 董浩存,聂中国.基于车载式视频图像的车辆行驶速度鉴定[J].汽车实用技术,2021,46(07):195-198.

[2] 李浩宇.事故车辆基于视频图像计算车速特征点选取的浅析[J].汽车维修与保养,2025,(08):75-76.

[3] 周海,尹向东,田召阳.利用视频图像计算车辆速度[J].黑龙江交通科技,2024,47(06):151-154+160.

[4] 张劭斌,张志华.基于近景摄影测量的单镜头视频车辆速度检测方法[J].测绘通报,2024,(03):19-24.

[5] 黄磊,王迪,何仲华,等.道路交通事故司法鉴定中翻拍视频图像车速计算方法的研究[J].交通科技与管理,2023,4(14):20-23.

[6] 杜辉,毕嗣东,毕彦硕,等.基于视频图像鉴定车速中的参照物选定两例[J].刑事技术,2023,48(06):640-644.