

# Driver Crash Avoidance Behavior Analysis Based on Traffic Accident

Zhang Kayuan<sup>1</sup>, Zhu Xichan<sup>1</sup>, Li Lin<sup>1</sup>, Ma Zhixiong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tongji University, Shanghai, China, 201804

Email: wlwepalsc@163.com

**Abstract:**The accidents used in this paper are from a certain traffic accident database, which has 414 accidents including 618 vehicles. The paper collects 232 vehicle's accidents which have trustful driver behavior before accidents and takes a statistical analysis based on those accidents. Then based on 100 incident type from SHRP2 and road environmental condition, several statistic results are concluded. At last the crash avoidance strategies in different road environmental conditions were analyzed based on ID3 algorithm. The conclusion can provide a reference for crash avoidance strategies in ADAS and autonomous driving.

**Keywords:** traffic accident crash avoidance system ID3 algorithm

## 基于碰撞事故的驾驶员避撞行为分析

张开元<sup>1</sup>, 朱西产<sup>1</sup>, 李霖<sup>1</sup>, 马志雄<sup>1</sup>

<sup>1</sup>同济大学, 上海, 中国, 201804

Email: wlwepalsc@163.com

**摘要:** 本文从某事故数据库近三年来 414 起记录事故中的 619 辆事故相关车辆, 筛选出 232 辆具有可靠驾驶员碰撞前操作事故数据进行了统计分析。依据 SHRP2 的 100 种危险工况分类和依据事故发生现场环境的不同, 得到了不同的统计分析结果。最后基于 ID3 归纳决策树方法对驾驶员不同道路环境下转向避撞策略进行了分析, 其规律可为 ADAS 以及自动驾驶的避撞算法提供一定层面的参考

**关键词:** 碰撞事故; 避撞行为; ID3 算法

### 1. 前言

碰撞事故前驾驶员的行为通常为转向和制动, 研究交通事故前驾驶员的行为对避免交通事故的发生, 改善汽车的安全性有十分重要的意义。尤其近年来随着先进驾驶员辅助系统 (ADAS) 技术甚至自动驾驶技术蓬勃发展, 需要考虑驾驶员在遇到危险的时刻, 以及碰撞前时刻的行为, 以便对算法不断进行改进。研究驾驶员避撞行为的方法目前有两种, 即自然驾驶工况研究<sup>[1]</sup> (Naturalistic Driving Study) 与事故数据库分析。自然驾驶工况研究采集的危险工况多数是有碰撞可能的危险工况, 危险程度通常不足以反应驾驶员在碰撞事故中的真实操作行为, 同时由于国内的大型场地实车测试规模有限, 采集到的碰撞工况数量较少, 故本文通过对事故相关车辆驾驶员避撞行为进行统计和分析, 可得到较为可靠的结果<sup>[2]</sup>。

### 2. 总体统计结果

数据库中得到的具有较为完整可靠的驾驶员行为的事故相关车辆共有 232 辆, 其总体统计结果如下图 1 所示, 有多达 38% 的驾驶员在碰撞事故前没有任何反应, 可见先进驾驶员辅助系统对于防止事故发生的必要性<sup>[3]</sup>

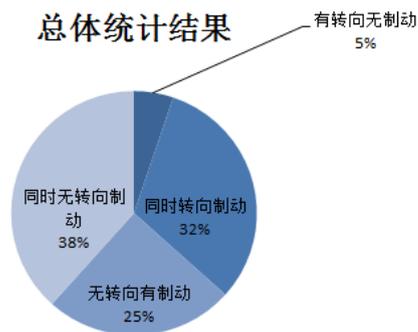


Figure 1. General statistics of accidents  
图 1 事故总体统计

另外可以看出，只有 5% 的驾驶员在碰撞事故前仅仅通过转向来试图避免碰撞，而在事故前仅仅制动的驾驶员比例（25%）要比仅仅转向的驾驶员比例高得多。另外 57% 的驾驶员在碰撞事故前有制动行为，比例同样比有转向行为的驾驶员比例（37%）高很多，这说明制动是多数驾驶员在遇到紧急情况的第一选择，而转向行为尤其是不加制动的转向并非多数驾驶员的选择。

### 3. 按照 SHRP2 的 100 种危险工况分类的统计结果

#### 3.1 SHRP2 项目以及 SHRP2 对危险工况的分类

SHRP2 (Strategic Highway Research Program 2) 为美国的驾驶员自然驾驶行为 (Naturalistic Driving Study) 研究项目，其测试地点横跨 10 个州，由 3000 辆车辆以及 2800 名驾驶员共同参与。SHRP2 的研究员将危险工况进行分类，初步分为 6 大类 13 小类共 100 种危险工况<sup>[4]</sup>。由于数据库数量有限，不适于使用 100 种细分工况进行统计，故本文只涉及 SHRP2 所分大小类的统计结果，由表 1 列出

Table 1. Classification of incidents from SHRP2  
表 1. SHRP2 对危险工况的分类

分类	类别
I 单车事故	A 偏离右侧路边
	B 偏离左侧路边
	C 前方碰撞
II 相同车道，相同方向	D 追尾
	E 前方碰撞
	F 擦蹭
III 相同车道，不同方向	G 头对头碰撞
	H 前方碰撞
	I 擦蹭
IV 变车道，车辆转向	J 穿越来车路线
	K 驶入来车路线
V 交叉路线	L 直行侧面碰撞
VI 其他	M 其他

### 3.2 按 SHRP2 的 6 大类分类的统计结果

按 SHRP2 的 6 大类分类的统计结果如下表 2 所示，其中百分比为驾驶员某种操作占全部同类事故总数的百分比，最后一行列出总数，便于比较。

Table 2. Statistical result of SHRP2 Category

表 2. 按 SHRP2 大分类的统计结果

类别	数量 (百分比)	有转向无制动数量 (百分比)	同时转向制动数量 (百分比)	无转向有制动数量 (百分比)	无转向无制动数量 (百分比)
I	29 (100%)	1 (4%)	12 (41%)	0 (0%)	16 (55%)
II	44 (100%)	3 (7%)	5 (11%)	20 (46%)	16 (36%)
III	24 (100%)	1 (4%)	10 (42%)	7 (29%)	6 (25%)
IV	52 (100%)	3 (6%)	18 (34%)	14 (27%)	17 (33%)
V	83 (100%)	4 (5%)	28 (34%)	17 (20%)	34 (41%)
总计	232 (100%)	12 (5%)	73 (32%)	58 (25%)	89 (38%)

值得注意的是表中前三类，即 I, II, III 三类，其驾驶员操作百分比与总体统计出现较大偏差，而 IV, V 两类与总体统计差距不大。I 类事故为单车事故，可以发现在单车事故中，多数驾驶员会采用同时转向制动的避撞策略，极少单独使用转向或制动。而 II 类事故为相同方向，相同车道事故，III 类事故为不同方向，相同车道事故，可以明显发现，在相同方向行驶的车辆间发生危险时，驾驶员更加愿意只使用制动来试图避免事故，而在不同方向行驶的车辆间发生危险时，驾驶员更加愿意同时使用转向和制动来试图避免事故。

### 3.3 按 SHRP2 的 13 小类分类的统计结果

按 SHRP2 的 13 小类分类的统计结果如下表 3 所示，由于 A 类和 B 类都是偏离路边的事故，有些事故报告中并未说明左右方向，故放在一起统计

Table 3. Statistical result of SHRP2 Configuration

表 3. 按 SHRP2 小分类的统计结果

分类	数量 (百分比)	有转向无制动数量 (百分比)	同时转向制动数量 (百分比)	无转向有制动数量 (百分比)	无转向无制动数量 (百分比)
AB 计数	5	0	3	0	2
<b>C 计数</b>	<b>24 (100%)</b>	<b>1 (4%)</b>	<b>9 (38%)</b>	<b>0 (0%)</b>	<b>14 (58%)</b>
<b>D 计数</b>	<b>28 (100%)</b>	<b>1 (4%)</b>	<b>4 (14%)</b>	<b>11 (39%)</b>	<b>12 (43%)</b>
E 计数	15	2	1	9	3
F 计数	1	0	0	0	1
G 计数	16	1	6	5	4
H 计数	8	0	4	2	2
I 计数	0	0	0	0	0
<b>J 计数</b>	<b>40 (100%)</b>	<b>2 (5%)</b>	<b>15 (37%)</b>	<b>10 (25%)</b>	<b>13 (33%)</b>
K 计数	12	1	3	4	4
<b>L 计数</b>	<b>83 (100%)</b>	<b>4 (5%)</b>	<b>28 (34%)</b>	<b>17 (20%)</b>	<b>34 (41%)</b>
总计数	232 (100%)	12 (5%)	73 (32%)	58 (25%)	89 (38%)

由于类别数量较多，而事故数量并不充足，有些类别的事故数量较少，并不具有统计意义，我们只分析其中数量较多的 C 类、D 类、J 类和 L 类，即单车前方碰撞，同车道同方向追尾，车辆转向或变道穿越来车路线和交叉路径直行侧面碰撞。值得注意的是 C 类和 D 类。在单车前方碰撞中，多数驾驶员会采用同时转向制动的避撞策略，极少单独使用转向或制动，这与 I 类单车事故的结果是相同的，而 D 类同车道同方向追尾中，驾驶员偏向于只使用制动的避撞策略，同样与 II 类同车道同方向事故的结果相同。

#### 4. 依据事故发生现场环境的统计结果分析

事故发生现场的交通状况、照明条件和天气状况与事故类型一样，可能对驾驶员采用的避撞策略产生影响，下面将分别对上述三种事故现场环境的统计结果进行描述。

##### 4.1 不同交通状况对驾驶员避撞策略的影响

事故现场的交通状况大致分为较少、拥挤、正常三类，如下表 4 所示，注意到表 4 的总计数与上述总计数相比有所减少，这是由于部分事故缺少事故现场交通状况的信息而导致的，而其百分比影响不大，可作为参考。可以看出，不同交通状况对驾驶员所选择的避撞策略的影响并不大。

Table 4.Driver crash avoidance behavior in different traffic situations

表 4. 不同交通状况的驾驶员避撞行为

交通状况	总数 (百分比)	有转向无制动数量 (百分比)	同时转向制动数量 (百分比)	无转向有制动数量 (百分比)	同时无转向制动数量 (百分比)
较少	95 (100%)	7 (7%)	28 (30%)	23 (24%)	37 (39%)
拥挤	37 (100%)	2 (5%)	11 (30%)	10 (27%)	14 (38%)
正常	95 (100%)	3 (3%)	31 (33%)	24 (25%)	37 (39%)
总计数	227 (100%)	12 (5%)	70 (31%)	57 (25%)	88 (39%)

##### 4.2 不同照明条件对驾驶员避撞策略的影响

照明条件被分为白天、路灯良好、路灯较暗和无路灯四类，如下表 5 所示。同样总计数与上述总计数相比有所减少，这是由于部分事故缺少事故现场交通状况的信息而导致的，而其百分比影响不大，可作为参考。其中路灯较暗的光照条件下发生的事故数量较少，不具备统计意义。可以发现，随着光照条件越来越差，驾驶员采用的避撞策略越来越倾向于不打转向，同时随着光照条件越来越差，驾驶员事故前没有反应，即同时无转向制动的情况越来越多。

Table 5.Driver crash avoidance behavior in different light situations

表 5. 不同照明条件的驾驶员避撞行为

照明条件	总数 (百分比)	有转向无制动 数量 (百分比)	同时转向制动数量 (百分比)	无转向有制动数量 (百分比)	同时无转向制动数量 (百分比)
白天	131 (100%)	10 (7%)	48 (37%)	31 (24%)	42 (32%)
路灯良好	74 (100%)	2 (3%)	19 (26%)	21 (28%)	32 (43%)
路灯较暗	6 (100%)	0 (0%)	1 (17%)	3 (50%)	2 (33%)
无路灯	18 (100%)	0 (0%)	3 (16%)	3 (17%)	12 (67%)
总计数	229 (100%)	12 (5%)	71 (31%)	58 (25%)	88 (39%)

### 4.3 不同天气状况对驾驶员避撞策略的影响

天气状况被分为晴、湿、雨三类，如下表 6 所示。其中“湿”一项事故数量较少，不具备统计意义，故不对其进行讨论。

可以看到，雨天由于驾驶员精力比较集中，驾驶员事故前没有反应，即同时无转向制动的情况发生了明显减少，同时有轻微趋于不转向的趋势。

Table 6.Driver crash avoidance behavior in different weathers  
表 6. 不同天气状况对驾驶员避撞策略的影响

天气状况	总数 (百分比)	有转向无制动数量 (百分比)	同时转向制动数量 (百分比)	无转向有制动数量 (百分比)	同时无转向制动数量 (百分比)
晴	176 (100%)	9 (5%)	55 (31%)	40 (23%)	72 (41%)
湿	9 (100%)	0 (0%)	2 (22%)	4 (45%)	3 (33%)
雨	47 (100%)	3 (6%)	16 (34%)	14 (30%)	14 (30%)
总数	232 (100%)	12 (5%)	73 (32%)	58 (25%)	89 (38%)

## 5 基于 ID3 归纳决策树方法对驾驶员不同道路环境下转向避撞策略的分析

### 5.1 ID3 归纳决策树方法简介

ID3 算法是一种的分类预测算法，其核心为“信息熵”，即信息分布的不均匀性，数据分布越均匀，则“信息熵”越大。设某事件的全概率划分是  $(A_1, A_2, \dots, A_n)$ ，每个划分发生的概率分别为  $(p_1, p_2, \dots, p_n)$ ，则信息熵计算如下：

$$\text{entropy}(p_1, p_2, \dots, p_n) = -p_1 \log_2 p_1 - p_2 \log_2 p_2 - \dots - p_n \log_2 p_n \quad (1)$$

构造决策树，即试图寻找一个最快路径，使信息熵迅速下降，即使得分类后的数据具有高度非均匀性，便于对以后的数据进行判别和决策。这样就要引入“信息增益”的概念，信息增益指信息熵的有效减少量，信息增量值越高，表明在某参考属性中信息熵下降的速度越快。在本例分析中，共有交通状况、照明条件和天气状况三种参考属性，构造决策树过程中，只许选择最大信息增量值作为下一节点，便可以寻找到信息熵最快下降路径，从而可以对某种道路环境条件下驾驶员的操作进行预测。

### 5.2 不同道路环境下转向避撞策略的决策树构造

在构造决策树之前，需要对原始数据进行初步处理，即去除不具统计意义的天气状况“湿”，照明条件的“路灯较暗”以及部分缺少道路环境数据的事故，有效数据共 180 条，其中有转向的事故共 66 起，无转向的事故共 114 起，这里有转向包括同时转向和制动以及只有转向两种情况，同里无转向包括既无转向又无刹车和无转向但有刹车的两种情况。则在没有给定任何信息时，其信息熵为

$$\text{entropy}(A) = -\frac{66}{180} \log_2 \frac{66}{180} - \frac{114}{180} \log_2 \frac{114}{180} = 0.948 \quad (2)$$

已知天气状况为晴或雨，其信息熵分别为式(2)与式(3)所示

$$\text{entropy}(B_1) = -0.378 \log_2 0.378 - 0.622 \log_2 0.622 = 0.957 \quad (3)$$

$$\text{entropy}(B_2) = -0.313 \log_2 0.313 - 0.688 \log_2 0.688 = 0.896 \quad (4)$$

由统计数据，晴天和下雨的概率分别为 0.822 和 0.178，则参考属性为天气状况时，其信息熵为：

$$\text{entropy}(B) = \text{entropy}(B_1) * 0.822 + \text{entropy}(B_2) * 0.178 = 0.946 \quad (5)$$

同理可得参考属性分别照明条件和交通状况时，其信息熵分别为 0.907 和 0.946，则三者的信息增益分别为 0.002, 0.041 和 0.002，照明条件的信息增益最大，则取照明条件为根节点。接下来分别以照明条件为“白天”“路等良好”“无路灯”为前提条件，对剩余两个参考属性再次进行计算，直到信息熵将为 0 或决策树的高度等于参考属性数量，得到决策树如下图 2 所示，其中 YES 意为在此种条件下选择使用转向进行避撞的驾驶员占此种条件下所有驾驶员的百分比。

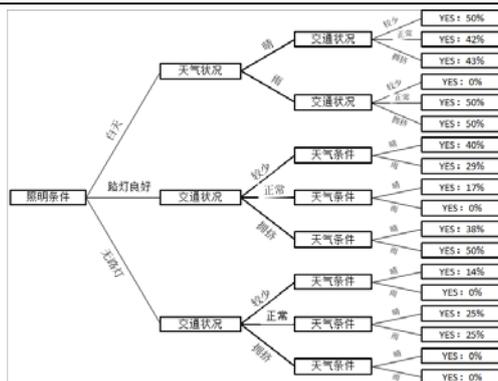


Figure 2. Decision Tree of ID3 arithmetic  
图 2 ID3 算法决策树

由于数据的高度均匀分布特性，决策树叶节点多数不纯，表明要以一定的概率进行决策分析。比较明显的规律为：

1. 在白天晴天的条件下，无论交通状况如何，有近半数驾驶员采用了转向策略进行避让
2. 在无路灯条件下，无论交通状况和天气条件，只有少数驾驶员采用了转向策略进行避让
3. 有些较为反常的数据，例如白天下雨，道路上车辆较少的情况并没有驾驶员采用转向策略进行避让，以及路灯良好的拥挤道路条件下有相当一部分驾驶员采用转向策略进行避让，这可能是由于数据库数量不足导致的特例现象，同时也可能是此类条件下驾驶员的特殊反应，随着数据库的不断完善，将会逐渐消除特例现象，逐渐揭示驾驶员特殊反应，将会很有研究价值。

## 6 总结与展望

本文通过交通事故数据库中驾驶员的制动和转向行为进行统计，统计发现制动是多数驾驶员在遇到紧急情况的第一选择，而转向行为尤其是不加制动的转向并非多数驾驶员的选择。同时根据 SHRP2 的 100 类危险工况，对数据库中交通事故进行了分类统计，统计发现在单车事故中，多数驾驶员会采用同时转向制动的避让策略，极少单独使用转向或制动，在相同方向行驶的车辆间发生危险时，驾驶员更加愿意只使用制动来试图避免事故，而在不同方向行驶的车辆间发生危险时，驾驶员更加愿意同时使用转向和制动来试图避免事故。

另外本文通过分析数据库中提供的事故现场环境数据，即照明条件，天气状况和交通状况进一步进行统计，统计发现随着光照条件越来越差，驾驶员采用的避让策略越来越倾向于不打转向，而其他两个变量对驾驶员采用的避让策略影响并不明显。

最后，本文使用了 ID3 归纳决策树方法对驾驶员不同道路环境下转向避让策略进行分析，分析发现最终得出的决策树叶节点多数不纯，说明驾驶员转向行为很难精确预测，只能一定的概率进行决策分析。比较明显可以发现随着光照条件越来越差，驾驶员采用的避让策略越来越倾向于不打转向，这与事故现场环境数据的统计结果相吻合。但同时也发现一些反常数据，随着数据库数据的不断增加，将会逐渐消除特例现象，揭示某类工况下驾驶员存在特殊心理和生理反应，将会很有研究价值。

## 参考文献：

- [1] John Sangster H R J D, Rakha H, Du J. *Application of Naturalistic Driving Data to Modeling of Driver Car-Following Behavior*[J]. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2013, 14(2390):20-33.
- [2] Hayakawa H, Fischbeck P S, Fischhoff B. *Traffic accident statistics and risk perceptions in Japan and the United States*[J]. Accident Analysis & Prevention, 2000, 32(6):827-835.
- [3] Klauer S G, Dingus T A, Neale T V, et al. *The Impact of Driver Inattention on Near-Crash/Crash Risk: An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study Data*[J]. U.s.department of Transportation Washington D.c, 2006.
- [4] Virginia Tech Transportation Institute Blacksburg, Virginia. *SHRP2 Researcher Dictionary for Video Reduction Data Version 3.2* September 8, 2014