

路网状态和驾驶心理驱动的风险规避研究

焦方源, 李 薇

(西华师范大学计算机学院, 四川 南充 637009)

✉756477543@qq.com; 42633716@qq.com



摘 要: 针对驾驶风险随驾驶心态和路网信息发生变化, 而目前个性化智能导航却极其落后的严峻问题, 以易受路网信息和驾驶心态影响的驾驶行为过程为研究对象, 深入研究了路网状态及驾驶心态与驾驶风险的本质联系, 提出了路网信息指标和驾驶风险参数及计算方法; 以城乡道路、高速公路相结合的车辆行驶环境为模型, 运用逐级动态优化原理, 设计了适时路网信息和驾驶心态驱动下驾驶风险逐级动态智能规避机制算法, 并运用Matlab仿真平台对驾驶风险参数进行了仿真分析。结果表明, 本算法能够根据路网信息和驾驶心态适时分析计算驾驶风险并进行适时线路优化, 达到了驾驶风险控制 and 决策过程智能化目的。

关键词: 路况感知; 风险规避; 智能决策; 个性导航; 仿真分析

中图分类号: TP399 **文献标识码:** A

Research on Risk Avoidance Driven by Road Network State and Driving Psychology

JIAO Fangyuan, LI Wei

(College of Computer, China West Normal University, Nanchong 637009, China)

✉756477543@qq.com; 42633716@qq.com

Abstract: Driving risk changes with driving mentality and road network information, while the current personalized intelligent navigation is extremely backward. In view of the problem, this paper takes driving behavior process that is easily affected by road network information and driving mentality as the research object, and conducts in-depth research on road network status and the essential connection between driving mentality and driving risk. It proposes road network information indicators, driving risk parameters and calculation methods. Algorithm of dynamic intelligent avoidance mechanism of driving risk driven by timely road network information and driving mentality is developed, taking vehicle driving environment that combines urban and rural roads and expressways as a model, and using the principle of gradual dynamic optimization. Matlab simulation platform is used to simulate and analyze driving risk parameters. The results show that the algorithm can analyze and calculate driving risks in a timely manner based on road network information and driving mentality, and timely optimize routes, realizing driving risk control and intelligent decision-making process.

Keywords: road condition perception; risk avoidance; intelligent decision-making; personalized navigation; simulation analysis

1 引言(Introduction)

推进智慧城市建设是我国社会发展的必然趋势, 智能交通是其中极为重要的领域, 提高道路利用率和道路交通安全程度成为迫切需要^[1]。国内外学者普遍认为, 单纯增加道路设施或限制汽车数量是远远不够的, 更重要的是如何更加合理地使用现有的交通设施, 同时将现代的高新信息处理技术

运用到交通管理中以提高路网的交通性能和安全性能^[2]。然而, 我国在智能交通领域仍处于亟待发展和提高的阶段, 近年来重特大交通事故仍然频繁发生, 严重威胁着人民生命和财产安全^[3]。驾驶人的异常心理状态是引发重特大交通事故极其重要的因素^[4], 目前驾驶心理、道路状况和风险规避的关系研究尚处于局部领域和初级阶段, 更是缺少驾驶心理在交通

事故风险规避中机理和有效实现方法的深入研究^[5]，特别是在将适时路况信息与驾驶人心理相结合，利用智能信息处理技术实现有效规避驾驶风险方面还处于起步阶段，更没有达到交通事故可靠智能防范的实用状态^[6]。驾驶风险动态智能规避已成为提高人民生活质量的迫切需要和未来交通安全的发展方向^[7]。本文着力探讨适时路网信息和异常驾驶心态共同作用下的路、驾状态特征和驾驶风险估算，并提出能够有效降低驾驶风险的驾驶路线逐级动态智能优化算法，力求达到总体驾驶风险最小化的目的。

2 路、驾状态与驾驶风险系数设置(Coifficent setting of road information, drivers' mentality and driving risks)

以最低风险为目的逐级动态智能优化过程，就是根据当前驾驶人的驾驶心态和当前路网信息进行适时分析、风险估算，进一步对将要行驶的路线进行动态优化调整的过程^[8]。为了更好地满足车辆行驶过程中路网信息采集、风险计算、路线优化的需要，现对驾驶人心态、路况信息和驾驶风险参数作如下设置。

2.1 路况状态及其风险系数设置

由于受地形地貌、人文环境的影响，我国多数公路穿梭于山区、丘陵地区，以蜿蜒曲折的形态向前延伸，时常伴随陡坡，而且易受雨雪等恶劣天气的影响^[9]。为准确描述公路特征对驾驶风险的影响，现选取常见道路状态并定义路网性能参数，如表1所示(为节省篇幅，仅列9种)。

表1 路况指标参数说明及风险系数表

Tab.1 Road condition indicator parameter description and risk coefficient table

状态名称	参数意义	状态符号	路段里程	基本风险系数 (单位里程)
路面高温	指路面温度超过了轮胎正常工作温度的状态	S_1	L_1	a_1
路面湿滑	指路面附着水、冰或雪，车轮容易打滑的状态	S_2	L_2	a_2
路面狭窄	指道路行车面宽度明显小于正常道路的状态	S_3	L_3	a_3
路面陡坡	指道路较长距离上、下坡，且坡度较大的状态	S_4	L_4	a_4
路面倾斜	指道路的行车面内外两侧不处于水平状态	S_5	L_5	a_5
路面急弯	指道路处于弯道，转弯半径小于正常值状态	S_6	L_6	a_6
路面拥堵	指车辆行驶速度缓慢或停止的状态	S_7	L_7	a_7
路面浓雾	指道路行车面笼罩烟雾，能见度低的状态	S_8	L_8	a_8
人车混杂	指道路处于行人、车辆混杂无序通行的状态	S_9	L_9	a_9

2.2 驾驶心态及其风险系数设置

不同的驾驶人有不同的性格特点、驾驶心态、驾驶技能和驾驶习惯，这些因素在不同的道路条件下必然会对驾驶风险带来不同的隐患^[10]。为准确描述驾驶人的因素对驾驶风险的影响，现将驾驶人典型的异常心理状态及其对驾驶风险的影响进行定义和描述，如表2所示(为节省篇幅，仅列9种)。

表2 驾驶人心理参数说明及风险系数表

Tab.2 Driver's mentality parameter description and risk coefficient table

状态名称	参数意义	状态符号	基本风险系数 (单位里程)
忽视高温	忽视车辆及路面所处的高温状态	P_1	β_1
恐惧湿滑	对湿滑路面行车表现出极度担忧	P_2	β_2
恐惧狭窄	对狭窄路面行车表现出极度担忧	P_3	β_3
恐惧陡坡	对陡坡路面行车表现出极度担忧	P_4	β_4
忽视倾斜	对车身所处的倾斜状态不关心	P_5	β_5
恐惧急弯	对急弯路面行车表现出极度担忧	P_6	β_6
厌烦拥堵	在拥堵路面行车极度不耐烦	P_7	β_7
恐惧浓雾	对浓雾路面行车表现出极度担忧	P_8	β_8
厌烦混杂	在人车混杂路面行车有厌烦情绪	P_9	β_9

3 个性风险系数修正与驾驶风险特征信息提取
(Modification of individual risk coefficient and extraction of driving risk feature information)

3.1 个性风险系数修正

驾驶人的驾驶心理除与个人性格特征、驾驶技术熟练程度及偶然情感因素有关外，还与其经历的遇险次数、遇险种类及事故后果有重要关系。对于正常性格的熟练驾驶人，在正常的情感因素条件下，其驾驶风险必然随其遇险次数、事故后果严重程度的递增而增加^[11]。为准确描述此规律，基于表1和表2中关于路网状态和驾驶心理状态参数的设置，现假定某驾驶人某种类型遇险次数、严重程度分别为 $Ma[h]$ 、 $Se[h]$ ， $h=1,2,\dots$ ，则该驾驶人个性驾驶风险系数(单位里程)为：

$$\beta_{per}[h] = \beta_h + Ma[h] \cdot \varphi_m[h] + Se[h] \cdot \varphi_s[h] \quad h=1,2,\dots \quad (1)$$

其中， $\varphi_m[h]$ 、 $\varphi_s[h]$ 分别为第 h 种类型遇险次数及事故严重程度对驾驶风险的影响因子。

3.2 驾驶风险特征信息提取

路网中的各条路线、各个路段具有不同的地理位置、周边环境、道路形状和性能特征，各条路线、各个路段对于不同心态特征的驾驶人来说构成了不同的驾驶风险^[12]。由于车辆从出发地到目的地的行驶路线通常存在多条可行路线，每一条路线由多个路段组成，每一个路段可能存在多个风险区，每一个风险区中也可能存在多种风险因素，因此这些风险因素对具有不同驾驶特点的驾驶人来说就构成了不同的风险隐患。根据表1和表2中的参数设置，为便于风险隐患描述，现定义集合：

$$\text{路网信息: } \{S_x, L_x, a_x\} = \{S_1, L_1, a_1; S_2, L_2, a_2; \dots S_9, L_9, a_9 \dots\} \quad (2)$$

$x=1,2,\dots$

$$\text{驾驶心态: } \{P_h, \beta_h\} = \{P_1, \beta_1; P_2, \beta_2; \dots P_9, \beta_9 \dots\} \quad (3)$$

$h=1,2,\dots$

于是，具有心态 $\{P_h, \beta_h\}, h=1,2,\dots$ 的驾驶人在路网 $\{S_x, L_x, a_x\}, x=1,2,\dots$ 路况下第 h 种类型的驾驶风险为：

$$\begin{aligned} R(h,x) &= L_x a_x + L_x \beta_{per}[h] \\ &= L_x a_x + \beta_h L_x + Ma[h] \cdot \varphi_m[h] L_x + Se[h] \cdot \varphi_s[h] L_x \end{aligned} \quad (4)$$

$h=1,2,\dots; x=1,2,\dots$

如果驾驶人具有多重心理特点且又在多种路况下,则驾驶风险总值为各种类型风险值叠加:

$$R_{\text{total}} = \sum_{e,d} L_e \alpha_e + L_e \beta_{\text{per}} [d] \quad (5)$$

$$d = ch[h], \quad h = 1, 2, \dots; \quad e = ch[x], \quad x = 1, 2, \dots$$

其中, $ch[x]$, $x = 1, 2, \dots$ 和 $ch[h]$, $h = 1, 2, \dots$ 表示分别从参数 x 、 h 中选取。

4 驾驶风险数值计算与动态更新(Numerical calculation and dynamic update of driving risk)

以最低风险为目的逐级动态优化智能导航,就是车辆行驶过程中按照适当的刷新频率周期性地从当前站点(车辆行驶过程中此位置适时更新)搜索到达下一站点的全部可行路线,然后依次计算每条可行路线中各路段、各风险区针对当前驾驶人的风险值,最后从全部可行路线中选出一条驾驶风险总值最小的路线作为本次路线优化结果,并引导车辆沿此路线行驶的过程。为便于分析,将路网信息作如下划分:整个路网由若干个站点组成;相邻站点之间存在若干条可通行路线;每条路线可分为若干个路段;每个路段上有若干个风险区;每个风险区存在多种风险隐患,如图1所示。

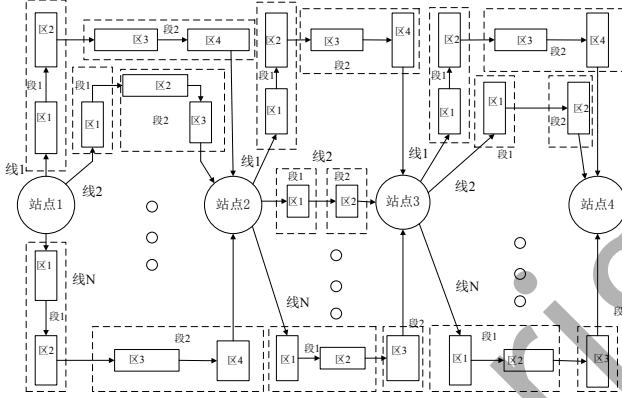


图1 路网风险计算示意图

Fig.1 Schematic diagram of road network risk calculation

基于图1所示的路网信息划分,车辆到达某站点后为寻找至下一站点的风险最小行驶路线进行优化搜索。为准确计算驾驶风险,现作如下假设:本次搜索共有 N 条备选路线,其中第 i 条路线的风险总值为 $R_{\text{total}}(i)$, $i = 1, 2, \dots, N$; 第 i 条路线共有 M 个路段,其中第 j 路段的风险值为 $R_z(i, j)$, $i = 1, 2, \dots, N$; $j = 1, 2, \dots, M$; 第 i 条路线第 j 路段共有 Q 个风险区,其中第 k 风险区的风险值为 $R_z(i, j, k)$, $i = 1, 2, \dots, N$; $j = 1, 2, \dots, M$; $k = 1, 2, \dots, Q$; 第 i 条路线第 j 路段第 k 风险区中共有 R 种风险,其中第 n 种风险的单位里程风险系数、对应的行驶里程及驾驶心理引起的个性风险系数分别为:

$$\alpha_e(i, j, k, n), i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, M; k = 1, 2, \dots, Q; n = 1, 2, \dots, R \quad (6)$$

$$L_e(i, j, k, n), i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, M; k = 1, 2, \dots, Q; n = 1, 2, \dots, R \quad (7)$$

$$\beta_{\text{per}}(i, j, k, n), i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, M; k = 1, 2, \dots, Q; n = 1, 2, \dots, R \quad (8)$$

于是,根据式(1)一式(5)可得:

结论1:当前风险区中全部风险叠加即为第 i 条路线第 j 路段第 k 风险区风险值。

$$R_z(i, j, k) = \sum_{n=1}^R L_e(i, j, k, n) \alpha_e(i, j, k, n) + L_e(i, j, k, n) \beta_{\text{per}}(i, j, k, n) \quad (9)$$

$$i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, M; k = 1, 2, \dots, Q$$

结论2:当前路段全部风险区中风险叠加即为第 i 条路线第 j 路段的风险值。

$$R_j(i, j) = \sum_{k=1}^Q \sum_{n=1}^R L_e(i, j, k, n) \alpha_e(i, j, k, n) + L_e(i, j, k, n) \beta_{\text{per}}(i, j, k, n), i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, M \quad (10)$$

结论3:当前路线中全部路段风险叠加即为第 i 条路线的风险值。

$$R_{\text{total}}(i) = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^Q \sum_{n=1}^R L_e(i, j, k, n) \alpha_e(i, j, k, n) + L_e(i, j, k, n) \beta_{\text{per}}(i, j, k, n), i = 1, 2, \dots, N \quad (11)$$

结论4:在全部可行路线范围内,对(11)式取最小值即为本次优化搜索风险最优值。

$$R_{\text{opt}} = \min \left[\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^Q \sum_{n=1}^R L_e(i, j, k, n) \alpha_e(i, j, k, n) + L_e(i, j, k, n) \beta_{\text{per}}(i, j, k, n) \right], i = 1, 2, \dots, N \quad (12)$$

于是,本次搜索优化结果 R_{opt} 所对应的行驶路线即为当前站点到下一站点的最低风险路线。

5 驾驶风险智能动态规避算法(Driving risk intelligent dynamic avoidance algorithm)

随着车辆的不断行进,车辆所处的环境、路段及性能也不断发生改变,前方将要经过的路段和风险区域也将发生变化,驾驶人将要面对的驾驶风险必将随着不同行驶路线而发生变化^[13]。以最低风险为目的动态逐级智能优化导航就是以表1、表2设置的基本参数为分析对象,以按特定频率和时间间隔更新的路况和心理数据为基本数据,每一次搜索优化过程都运用式(6)一式(12)的计算方法,对车辆将要行驶路线的风险特征进行数值分析和动态优化,得到车辆的当前最优(驾驶风险最小)行驶路线;整个行驶过程中搜索优化过程按特定频率和时间间隔重复进行,直到车辆到达目的地,以此保证车辆始终在风险最小路线上行驶。逐级动态智能优化过程详细流程如图2所示,其中 i 表示当前路线, $i = 1, 2, \dots, N$; j 表示当前路线当前路段, $j = 1, 2, \dots, M$; k 表示当前路线当前路段当前风险区, $k = 1, 2, \dots, Q$; n 表示当前路线当前路段当前风险区中的某种风险隐患, $n = 1, 2, \dots, R$ 。

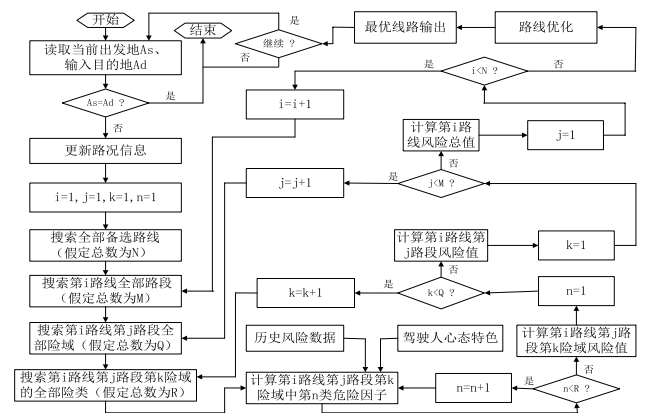


图2 驾驶风险动态智能规避算法流程图

Fig.2 The flow chart of the dynamic intelligent avoidance algorithm of driving risk

6 仿真实验设计与数据分析(Simulation experiment design and data analysis)

6.1 仿真实验设计

车辆行驶过程就是特定心态驾驶人控制车辆沿特定路线

经过一系列不同地理位置、路况和环境的过程，其中驾驶人的心态、路况及环境等因素均可能随时间而变化，因此车辆行驶过程中驾驶风险值也将随时间不断变化。但是，车辆行驶是有一定速度的，如果风险路段距离较短，在这个路段上行驶的时间就会很短，在此时间范围内驾驶风险则处于相对稳定状态，可视为稳定值。逐级动态智能优化导航就是根据这些短暂的稳定值来计算将要行驶路线的驾驶风险值，从而对行驶路线进行优化。为体现本机制的实际效果和简化数据分析过程，现假定某驾驶人驾车从出发地(站点1)到目的地(站点4)，途经2个中间站点，而且相邻站点之间有4条通行路线可选，每一条路线都有不同的路况参数，具体信息如表3—表5所示。

表3 站点1到站点2路网实验数据表

Tab.3 Experimental data table of the road network from site 1 to site 2

<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>L/m</i>	<i>α/‰</i>	<i>β/‰</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>L/m</i>	<i>α/‰</i>	<i>β/‰</i>
1	1	1	300	0.5	0.5		1	1	1	200	0.3	1	
		2	500	0.2	0.1				2	100	0.9	1.8	
	2	1	100	1	1			2	1	500	0.2	0.3	
		2	100	1	1				2	400	0.1	0.3	
1	1	1	400	0.2	0.2		2	1	1	50	1.5	2	
		2	100	0.3	2				2	300	0.6	0.5	
	2	1	400	0.3	0.1			2	1	100	0.6	2	
		2	300	0.2	0.1				2	300	0.3	0.5	
1	1	1	100	0.5	2		1	1	1	300	0.5	0.1	
		2	200	0.1	0.3				2	300	1	2	
	2	1	300	0.2	0.1			1	1	500	0.8	0.1	
		2	300	0.8	1.2				2	300	0.5	1.8	
3	1	1	400	0.2	0.2		4	1	1	200	1.5	2.2	
		2	100	0.3	2				2	200	1.0	2	
	2	1	400	0.3	0.1			2	1	300	1.9	1	
		2	300	0.2	0.1				2	100	1.8	2.2	

表4 站点2到站点3路网实验数据表

Tab.4 Experimental data table of the road network from site 2 to site 3

<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>L/m</i>	<i>α/‰</i>	<i>β/‰</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>L/m</i>	<i>α/‰</i>	<i>β/‰</i>
1	1	1	200	0.5	0.6		1	1	1	100	0.3	2	
		2	100	1	2				2	200	1	1.5	
	2	1	200	0.3	0.2			1	1	500	0.2	0.1	
		2	300	0.1	0.3				2	300	0.1	0.3	
1	1	1	500	0.1	0.1		2	1	1	300	0.5	0.8	
		2	300	0.1	0.6				2	300	0.6	1	
	2	1	200	0.5	0.8			2	1	400	0.6	0.1	
		2	100	1	2				2	100	0.3	2	
1	1	1	300	0.6	0.8		1	1	1	500	0.2	0.1	
		2	100	1	2				2	300	0.1	0.5	
	2	1	400	0.1	0.5			1	1	400	0.3	0.2	
		2	200	0.5	0.9				2	100	0.5	0.9	
3	1	1	400	0.3	0.2		4	1	1	100	1	2	
		2	200	0.1	1				2	300	0.6	0.1	
	2	1	500	0.1	0.1			2	1	400	0.1	0.1	
		2	200	0.3	0.8				2	100	0.3	2	

表5 站点3到站点4路网实验数据表

Tab.5 Experimental data table of the road network from site 3 to site 4

<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>L/m</i>	<i>α/‰</i>	<i>β/‰</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>L/m</i>	<i>α/‰</i>	<i>β/‰</i>
1	1	1	400	0.1	0.1		1	1	1	300	0.5	0.3	
		2	50	1	2.1				2	400	0.3	0.2	
	2	1	300	0.3	0.2			1	1	200	0.3	0.6	
		2	100	0.1	0.3				2	100	0.6	2	
1	1	1	300	1	2		2	1	1	100	1.5	2	
		2	500	0.1	1				2	200	0.6	1	
	2	1	400	0.5	0.8			2	1	400	0.1	0.1	
		2	200	0.3	2				2	200	0.3	0.6	
1	1	1	400	0.6	0.5		1	1	1	400	0.1	0.2	
		2	300	1	0.5				2	50	1	2	
	2	1	500	0.3	0.2			1	1	500	0.2	0.1	
		2	300	0.6	2				2	100	1.5	2	
3	1	1	300	0.5	1		4	1	1	100	1	2	
		2	200	0.6	1				2	200	0.6	2	
	2	1	300	0.5	0.8			2	1	300	0.6	0.2	
		2	200	0.3	1				2	100	1	2	

6.2 仿真数据分析

对表3—表5所示数据，运用式(6)—式(12)的参数计算方法，通过Matlab仿真平台分别运用动态逐级优化智能导航及传统路径最短优先导航过程中的驾驶风险等特征参数进行仿真，得到仿真结果如图3和图4所示。

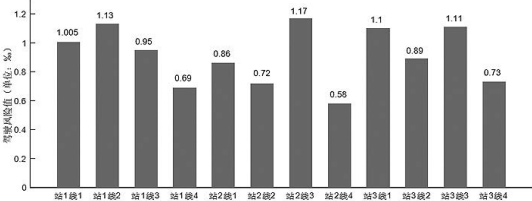


图3 驾驶风险动态优化仿真结果图

Fig.3 Simulation results of dynamic optimization of driving risk

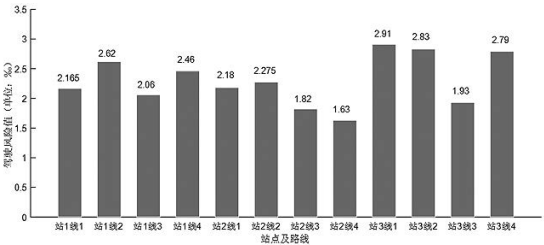


图4 驾驶风险OSPF优化仿真结果图

Fig.4 OSPF optimization simulation results of driving risk

针对图3，根据实验设计方案，从出发地到目的地有2个中间站点，每个站点到下一站点有4条路线，每条路线有不同的驾驶风险值。根据图3所示仿真数据，当特定驾驶人驾驶车辆到达站点1后应该选择里程值最小的路线4行驶，到达站点2