

# 基于GIS的云南省国道、省道弯道危险路段识别与评价\*

杨云源, 席武俊, 何萍

(楚雄师范学院地理科学与旅游管理学院, 云南楚雄 675000)

**摘要:**基于ShapeFile格式矢量国道、省道和Aster GDEM高程数据,以IDL为开发平台建立了弯道识别算法提取道路弯道;分别评价了云南省16个州(市)境内国道、省道弯道路段危险程度和每条国道、每条省道全线的弯道路段危险程度。对云南省共15 731 km的国道、省道进行弯道识别,综合精度达到90%以上。研究结果显示:全省省道线上弯道共1 583处(合并后总数),弯道总长为598 km。其中高度危险(C级)464处共219.3 km。全国道线上弯道共761处(合并后总数),弯道总长为277 km。其中高度危险210处共101.8 km。红河、普洱、版纳境内的省道弯道路段危险等级为极其危险(D级),玉溪境内的国道弯道路段危险等级也为D级。全省16个州(市)50%的国道弯道危险等级为显著危险(B级)。65条省道中,跃片线(S316)等共17条省道弯道路段危险等级为D级。7条国道线弯道路段路况相对较好,弯道路段危险等级在一般危险(A级)~高度危险(C级)之间。研究揭示云南省国道、省道弯道危险路段主要出现在西部地区。

**关键词:**国道与省道;弯道提取;弯道危险指数;弯道路段危险指数;识别与评价

**中图分类号:**U412.34

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-6693(2016)06-0148-08

公路弯道处视线受阻,加之受地形条件的影响,会出现急弯、窄路、陡坡等并存的现象,导致道路弯道危险路段事故频发。道路弯道识别(检测)研究主要集中在智能车辆和无人驾驶车研究领域,使用基于机器视觉(图像识别)的方法。这种弯道检测方法主要有3类:一是基于道路特征的方法,如标准hough变换法<sup>[1]</sup>、改进的hough变换法<sup>[2-3]</sup>、模板检测法<sup>[4]</sup>、区域生长法;二是基于道路模型的方法,如抛物线模型、直线-抛物线模型、二项式模型<sup>[5]</sup>、双曲线模型<sup>[6]</sup>;三是基于机器学习的方法<sup>[7]</sup>。基于道路特征的方法和基于道路模型的方法都需先分割道路图像中的弯道线;道路特征法对图像质量要求高,道路模型法的车道模型适应性不够理想;机器学习法依赖于弯道图库的建立,天气恶劣时识别精度会下降。总的来说,这3种基于图像识别的方法依赖于硬件、算法复杂;光照、天气、视线阻隔等会对弯道识别产生影响;只利用图像信息,未充分利用地图、地形等信息。基于GIS的道路研究,主要集中在道路动态分段<sup>[8]</sup>、GIS-T<sup>[9]</sup>、路线择优<sup>[10-11]</sup>、道路业务系统开发<sup>[12-13]</sup>、资源配置<sup>[14]</sup>、应急响应<sup>[15]</sup>等方面。基于GIS的道路弯道识别与评价,可充分利用多源数据,不需要机器视觉的图像数据。目前,基于GIS的道路弯道危险路段识别与评价的研究比较少。

IDL即交互式数据语言(Interactive data language),是美国ExelisVis公司推出的面向矩阵的第四代计算机语言<sup>[16]</sup>。本研究以IDL语言为开发平台,构建了弯道识别算法,从ShapeFile格式线状道路图上提取出道路弯道后进行合并;然后根据合并的弯道数据和ASTER GDEM数据提取弯道极坡、弯道等间距点高差累加值;最后根据弯道长、直曲比、弯道极坡、等间距点高差累加值来计算弯道危险指数进行弯道危险等级评价。使用弯道路段危险指数评价了各州(市)境内国道、省道的危险程度和各省道沿线、各国道沿线弯道路段危险程度。该研究结果能够为道路管理、规划、决策、应急救援等提供参考。

## 1 研究区及数据简介

云南省最高海拔6 740 m,最低海拔76.4 m,平均海拔2 000 m左右,全省山地面积占84%。研究选择

\* 收稿日期:2016-04-14 修回日期:2016-03-16 网络出版时间:2016-11-02 13:28

资助项目:国家自然科学基金(No. 41465001);楚雄师范学院学术后备人才项目(No. 14XJRC03)

作者简介:杨云源,男,讲师,研究方向为遥感应用和GIS可视化,E-mail:yyy@cxtc.edu.cn;通信作者:何萍,教授,E-mail:Heping@cxtc.edu.cn

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20161102.1328.034.html>

ShapeFile 格式云南境内 7 条国道 6 356 km,65 条省道 9 357 km,比例尺为 1 : 5 000。研究中删除了国道、省道的市区部分,然后将分段但是连通的同一条道路进行合并。使用的 DEM 数据为 Aster GDEM 30 m TIFF 数据。全部数据都统一采用投影坐标,UTM WGS84 坐标系,N47 投影带,地图单位为米。此外,本研究中地图边界数据源自国家基础地理信息系统中心共享数据。

## 2 道路弯道特征分析与研究流程

道路交通标志和标线设计规范(GB5768.2009)的弯道警告标志部分对弯路作了规定。道路弯道处视线受阻,除出现急弯路、反向弯路、连续弯路外,还可能出现陡坡、窄路,这些路段就是道路弯道危险路段。图 1 是三维空间中的弯道示意图。道路数据可以使用线状 ShapeFile 文件描述。线状 ShapeFile 文件由曲线组成,每段曲线由特征点按顺序组成;每个特征点存储坐标  $x$  和  $y$ 。道路矢量数据生成时,直路路段可以使用较少的点,点与点的间隔比较大;曲线路段使用较多的点、点与点的间隔比较小。图 2 为研究流程图。使用的开发平台为 IDL8.4, GIS 软件为 ArcGIS10.2。

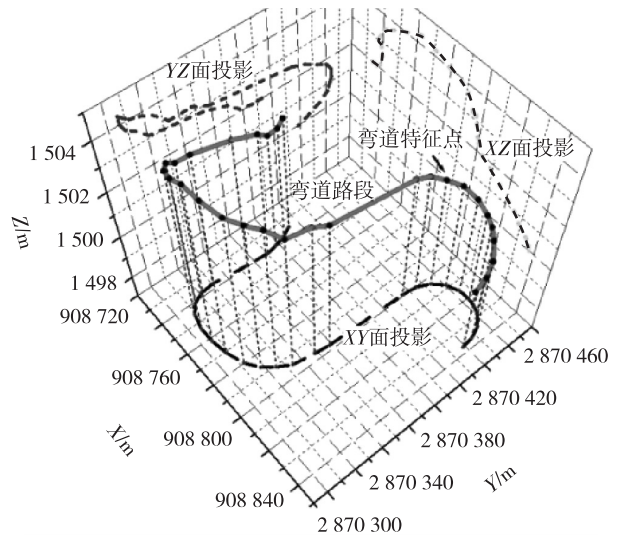


图 1 三维空间中的弯道示意图

Fig. 1 The schematic diagram of curve in 3 dimensions

## 3 弯道识别与评价方法

### 3.1 IDL 下的弯道识别与参数确定

IDL 下使用 IDLffShape 对象读入 ShapeFile 格式道路文件后,获取每条道路每部分的点坐标二维数组。然后从起点开始,根据距离增长或特征点增长来划分曲线,再识别是否是弯道。弯道提取算法为:

1) 特征点数大于  $K_1$ ,开始运算,否则运算下一条道路。

2) 从起点开始,依次取出组成道路的特征点的坐标来计算曲线长累加值和点数累加值,直到点数为  $K_1$  或曲线长度大于等于  $K_2$ 。

3) 判断曲线的直曲比是否大于等于  $K_3$ ,如果小于,曲线继续增长,直到条件满足或计算到最后一个点。

4) 判断截取的曲线是否满足:

条件 1:截取的曲线特征点数大于  $K_4$  并且直曲比小于  $K_5$ ;

或者条件 2:截取的曲线长度大于或等于  $K_2$  并且直曲比小于  $K_5$ ;

满足,说明是弯道,将道路弯道起点坐标、终点坐标、弯道长、直曲比、起点点号、终点点号信息写入记事本;设定下一个路段截取的起点是刚识别的弯道终点。不满足,说明不是弯道,丢弃该路段;设定下一个路段截取的起点是刚丢弃路段的最后一个点。

5) 继续执行 2),识别下一弯道,直至完成。

经过长期实验,在算法中改变  $K_1 \sim K_5$  的参数后输出弯道的起点、终点;将提取结果导入 ARCGIS,叠加在道路图上对比。最终确定  $K_1 \sim K_5$  的理想取值分别为 15(个),750(m),0.35,10(个),0.8。图 3 是国道 G231 道路局部图。图 4 是道路弯道示意图。图 5 是第一轮弯道识别示意图。

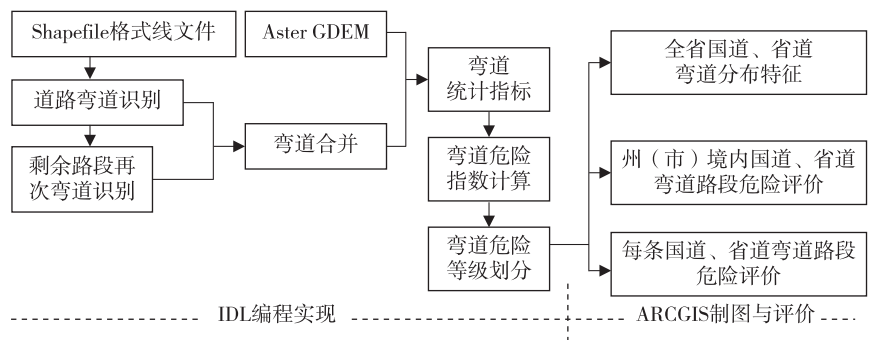


图 2 研究流程

Fig. 2 The research flowchart of this study

### 3.2 弯道二次识别

通过上述方法识别了道路弯道后。剩余部分还有一些弯道未被识别(图 5)。第二轮弯道识别,将剩余路段使用相同的方法来筛选弯道,但是改变起始点的位置(否则二次识别数为 0)。

具体算法为:将第一轮识别出的道路弯道之外的所有道路取出来进行弯道识别。

1) 记录起点号为 Startpoint,若取出来的剩余路段起点号为 0(道路起点所在路段为剩余路段),则计算时起点号加 5;若取出来的剩余路段起点号大于 0,则计算的起点号减 5(不会出现负值)。

2) 使用 3.1 的方法识别出新弯道后,如果计算出新弯道起点等于 5,则记新弯道的起点计为 0(道路起点位置发现了新弯道);如果新弯道起点小于 Startpoint,则新弯道的起点计为 Startpoint(发现新弯道,和已识别的弯道相邻);否则,新弯道起点不变(发现弯道,不和已识别的弯道相邻)。图 6 是第二轮弯道识别结果示意图。

### 3.3 弯道合并

将连续的弯道进行合并,上一个弯道的终点是下一个弯道的起点。算法为:将弯道中,终点和起点重合的弯道首尾连接,形成新弯道;终点和起点不重合的(不是连续弯道),视为独立的弯道。将弯道起点坐标、终点坐标、弯道长、直曲比、起点点号、终点点号、组成弯道的所有特征点坐标写入记事本。图 7 是弯道合并结果示意图。

### 3.4 弯道极坡、弯道等距点间高差累加值的计算

3.4.1 弯道极坡的计算 弯道极坡计算公式为:

$$S = \tan^{-1}((H_{\max} - H_{\min})/D)$$

其中  $S$  为弯道极坡;  $H_{\max}$  为弯道特征点的最高点高程;  $H_{\min}$  为弯道特征点的最低点高程;  $D$  为弯道曲线长。IDL 下弯道极坡获取具体算法为:1) 读入弯道文件(弯道识别后输出为 txt 文件),获取每一个弯道的所有特征点坐标。2) 读入 Aster GDEM 文件,将弯道的所有特征点坐标转换为 DEM 文件下的行列坐标(IDL 使用函数 `envi_convert_file_coordinates`);然后获取弯道所有特征点对应的高程值;最后计算弯道极坡。

3.4.2 弯道相邻等距点间高差累加值的计算 IDL 下弯道相邻等距点间高差累加值的计算方法为:读入弯道文件(txt 文件),获取弯道特征点坐标数据和弯道特征点对应的高程数据;从弯道起点开始,以 20 m 间隔为单位建立等距离点数组;使用内插法计算每个等距点上应有的高程值;最后计算弯道上等距点间高差累加值。

### 3.5 弯道识别精度评价

本研究通过 2 轮弯道识别来提取弯道。识别完成后,首先将识别的弯道起点、终点叠加在道路图上,然后手动在图上标出未识别的弯道。经过统计,省道未识别弯道 248 个,国道未识别弯道 129 个,省道的弯道识别错误 0 个,国道的弯道识别错误 0 个。省道弯道识别率约 91.5%,国道弯道识别率约 90%。从识别效果上看,道路越复杂,越易于识别,精度越高;道路越简单,识别率越低。这是因为道路弯道不多时(直路多),直路部分被抛弃,

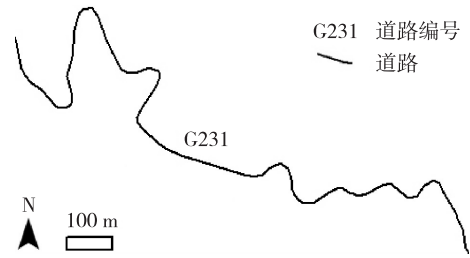


图 3 国道 G231 道路局部图

Fig. 3 Partial view of the G320 national road



图 4 道路弯道示意图

Fig. 4 Schematic diagram of curve on road



图 5 第一轮弯道识别后剩余路段示意图

Fig. 5 Remaining sections after the first round

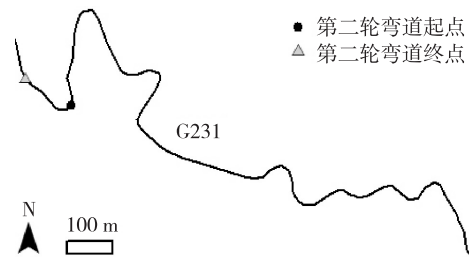


图 6 第二轮弯道识别结果示意图

Fig. 6 Remaining sections after the second round

下一路段直曲比变大。

### 4 云南省道路弯道危险路段识别与评价

图 8 是基于 IDL 开发的云南省国道、省道弯道危险等级评价程序的界面。将 IDL 识别的弯道危险等级数据(文本文件)导入 ArcGIS。在 ArcGIS 下打开国道、省道、州界、弯道文件,使用 ArcGIS 的空间分析工具就可进行弯道路段危险等级评价。



图 7 弯道合并结果示意图

Fig. 7 Schematic diagram of curve section after curve merged



图 8 云南省省道国道弯道危险路段识别与评价程序界面

Fig. 8 The desktop of identification and evaluation of dangerous curve sections of the state road and provincial road in Yunnan province

#### 4.1 国道、省道的弯道总体分布特征

用弯道危险系数来评价弯道危险程度。相邻弯道合并后,弯道危险系数计算方法为:弯道长按小于或等于 500 m,500~1 000 m,大于或等于 1 000 m 分别赋值 1,2,3;弯道直曲比按大于或等于 0.7,0.5~0.7,小于或等于 0.5 分别赋值 1,2,3;弯道极端坡度按小于或等于 3,5~7,大于或等于 7 分别赋值 1,2,3。弯道等距点间高差累加值按小于或等于 100 m,100~200 m,大于或等于 200 m,分别赋值 1,2,3。弯道危险系数按以上 4 项累加得分小于或等于 3,4~6,7~9,大于或等于 10,进而分别分出一般危险(A 级)、显著危险(B 级)、高度危险(C 级)、极其危险(D 级)。

云南省有 65 条省道,计算总里程共 9 357 km,识别弯道 2 713 处,合并后弯道为 1 583 处,弯道里程为 598 km。根据每个弯道危险系数进行弯道危险性评价。其中,A 级有 29 处共 4.6 km;B 级有 1 038 处共 291.4 km;C 级有 464 处共 219.3 km;D 级有 52 处 8.3 km。图 9 是云南省省道弯道危险等级评价(共 1 583 个弯道)。

从省道的弯道分布看,弯道较多的有建水-元阳-绿春-江城-普洱线、新平-墨江线、新平-镇沅-景谷线、临沧-永德-镇康线、龙陵-镇康线、曲靖-会泽线、彝良-威信线和马关-河口线(图 9 中顺序标识 1~8 处)。

云南省 7 条国道,计算总里程共 6 356 km,识别弯道 1 428 处,合并后弯道为 761 处,弯道里程为 277 km。使用弯道危险系数进行弯道危险性评价。其中,A 级有 19 处共 3.1 km;B 级有 501 处共 141.6 km;C 级有 210 处共 101.8 km;D 级有 31 处 3.0 km。

图 10 是云南省国道弯道危险评价(共 761 个弯道)。从国道上的弯道分布看:弯道较多的有玉溪-宁洱线、宁洱-临沧线、普洱-景洪线、永平-保山-龙陵线、丽江-德钦线、大关-绥江线、寻甸-会泽线、广南-富宁线和蒙自-屏边-河口线(图 10 中顺序标识 1~9 处)。

#### 4.2 各州(市)国道、省道弯道路段等级评价

用弯道路段危险指数评价各州(市)国道、省道弯道危险程度。计算公式为:

$$I_2 = \sum I_1 / \sum D。$$

其中: $I_2$  为州(市)道路弯道路段危险指数(国道、省道分别计算); $I_1$  为州(市)境内某条道路沿线某一个弯道危险系数; $D$  为州(市)境内某条道路长度。

各州(市)弯道路段危险等级评价按  $I_2 \leq 0.6$ ,  $0.6 < I_2 \leq 1.2$ ,  $1.2 < I_2 \leq 1.8$ ,  $I_2 > 1.8$  分出一般危险(A级)、显著危险(B级)、高度危险(C级)、极其危险(D级)。表1是各州(市)省道、国道弯道路段危险等级评价。

### 4.3 国道、省道弯道路段危险等级评价

用道路弯道路段危险指数分别评价每条国道、每条省道弯道路段危险程度。计算公式为：

$$I_3 = \sum I_1 / D.$$

其中,  $I_3$  为某条道路弯道路段危险指数;  $I_1$  为某条道路沿线某一个弯道危险系数;  $D$  为某条道路长度。

某条道路弯道路段危险等级评价按  $I_3 \leq 0.6$ ,  $0.6 < I_3 \leq 1.2$ ,  $1.2 < I_3 \leq 1.8$ ,  $I_3 > 1.8$  分别分出一般危险(A级)、显著危险(B级)、高度危险(C级)、极其危险(D级)。

表2是云南省境内省道D级线路。查询表2中所列17条省道的建设等级进行对比。弯道极其危险的省道建设等级都为3~4级。表3是云南省境内国道弯道路段危险等级评价。7条国道弯道路段危险系数最高仅为1.46,因此它们的弯道路段危险等级都在D级以下。

## 5 结论与展望

### 5.1 研究结论

基于ShapeFile格式矢量道路数据和Aster GDEM数据进行弯道识别、弯道危险等级评价、州(市)弯道路段危险等级评价以及国道、省道沿线弯道路段危险等级评价。本研究构建的弯道识别算法识别出的弯道能够自增长、长度可变、参数可调、整体识别精度达到90%以上。

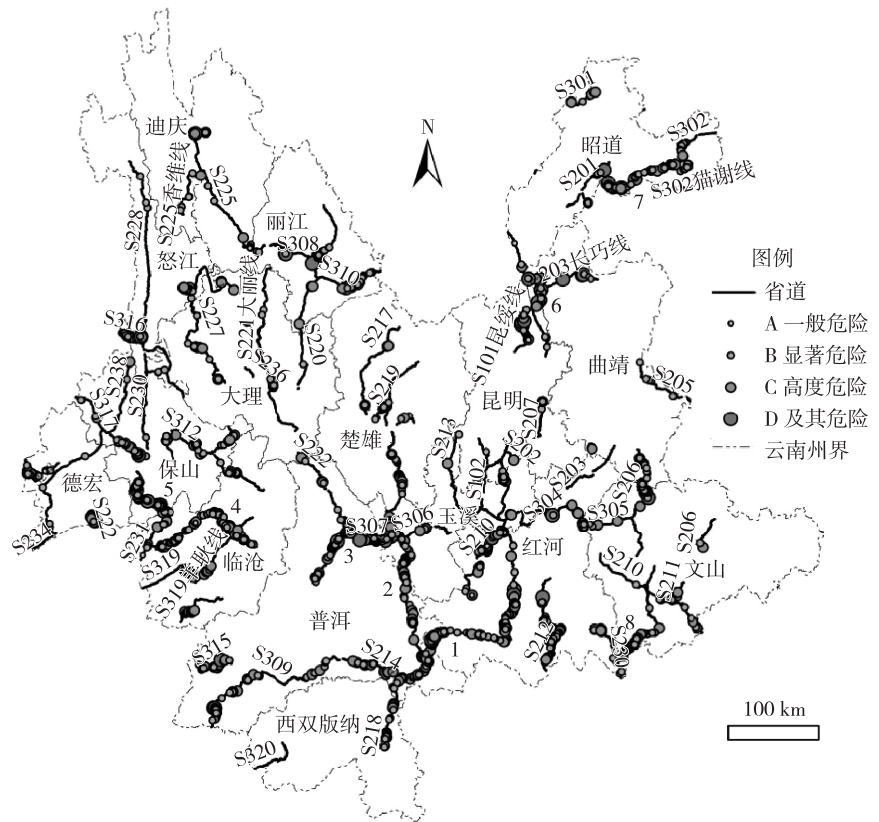


图9 云南省省道弯道危险等级评价

Fig. 9 Curve risk rate evaluation of provincial road in Yunnan province

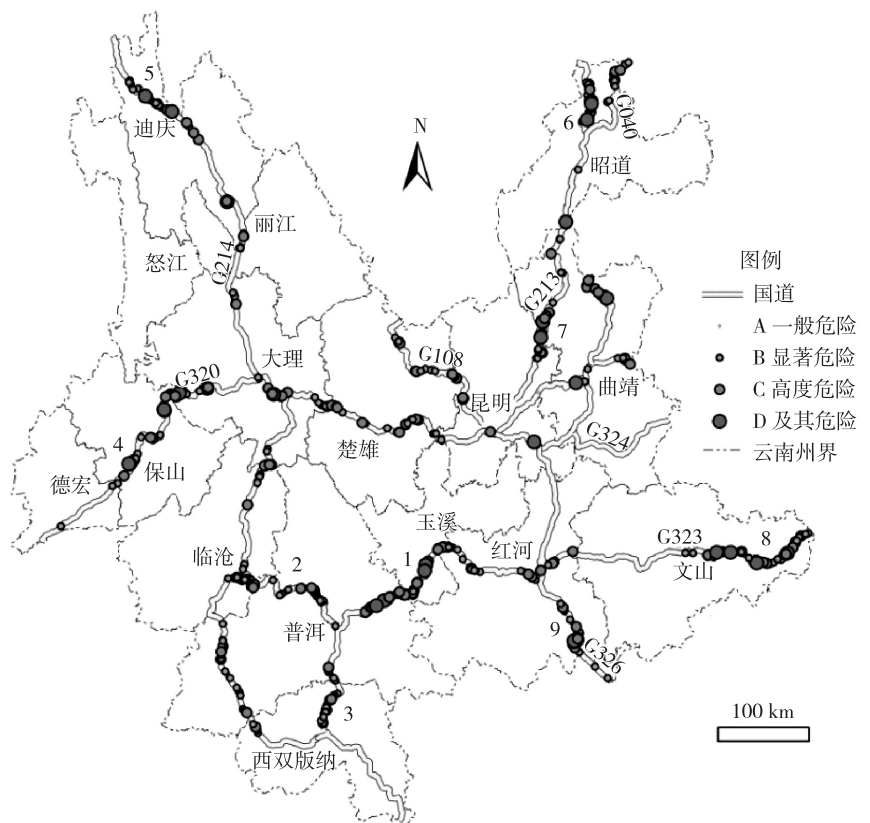


图10 云南省国道弯道危险等级评价

Fig. 10 Curve risk rate evaluation of national road in Yunnan province

表 1 各州(市)省道、国道弯道路段危险等级评价

Tab.1 Curve risk rate evaluation of provincial road and national road in each state

省 道					国 道				
州(市)	各弯道路段危险等级总得分	公路里程 /km	弯道危险系数	弯道危险等级	州(市)	各弯道路段危险等级总得分	公路里程 /km	弯道危险系数	弯道危险等级
红河	2 240	1 057.0	2.12	D	玉溪	348	116.7	2.98	D
普洱	2 206	1 074.9	2.05	D	普洱	982	605.4	1.62	C
版纳	315	156.2	2.02	D	保山	356	220.7	1.61	C
临沧	1 249	774.8	1.61	C	文山	536	397.8	1.35	C
曲靖	618	404.9	1.53	C	楚雄	497	418.5	1.19	B
昭通	763	509.2	1.50	C	昭通	447	429.4	1.04	B
保山	1101	756.7	1.46	C	红河	609	629.5	0.97	B
怒江	610	478.0	1.28	C	临沧	329	342.8	0.96	B
德宏	369	318.4	1.16	B	迪庆	389	412.7	0.94	B
丽江	627	555.4	1.13	B	丽江	50	66.1	0.76	B
玉溪	728	819.3	0.89	B	大理	411	596.5	0.69	B
昆明	363	426.2	0.85	B	版纳	281	434.9	0.65	B
文山	520	673.1	0.77	B	曲靖	450	1 010.2	0.45	A
楚雄	338	472.9	0.71	B	昆明	159	516.1	0.31	A
迪庆	101	168.4	0.60	A	德宏	22	144.6	0.15	A
大理	277	704.0	0.39	A	怒江	—	—	—	—

注:A—一般危险;B—显著危险;C—高度危险;D—极其危险。下同。

表 2 云南省境内省道极其危险(D级)线路

Tab.2 The most dangerous curve sections of state road in Yunnan province

省 道	沿线弯道危险系数累加	弯道路段危险系数	弯道路段危险等级	建设等级(验证)	省 道	沿线弯道危险系数累加	弯道路段危险系数	弯道路段危险等级	建设等级(验证)
S316 跃片线	357	4.21	D	四级	S218 楚勐线	1219	2.26	D	三级
S232 遮芒线	146	3.68	D	四级	S302 猫谢线	622	2.06	D	三级、四级
S307 恩水线	443	3.57	D	四级	S216 高红线	294	2.01	D	四级
S231 黄南线	695	2.97	D	四级	S101 昆昭线	233	1.99	D	三级
S212 鸡那线	564	2.85	D	三级	S315 募西线	158	1.95	D	三级
S209 马河线	600	2.42	D	三级、四级	S214 晋思线	1560	1.94	D	三级、四级
S313 羊勐线	583	2.37	D	三级	S311 剑兰线	284	1.87	D	三级
S318 芒拉线	196	2.30	D	三级	S219 钱牟线	63	1.83	D	三级
S222 小景线	573	2.30	D	三级					

表 3 云南省境内国道弯道路段危险等级

Tab.3 Curve risk rate of nation road in Yunnan province

国 道	沿线弯道危险系数累加	道路总长度/km	弯道路段危险系数	弯道路段危险等级
g323 砚山-临沧	1 454	996.8	1.46	C
g213 大关-磨憨	1 390	1 018.6	1.36	C
g108 永仁-昆明	260	251.4	1.03	B
g320 富源-瑞丽	1 087	1 273.8	0.85	B
g214 德钦-景洪	1 105	1 405.9	0.79	A
g326 宣威-河口	442	722.5	0.61	A
g040 水富-昭通	99	245.8	0.40	A

将提取的弯道合并后,基于弯道长度、直曲比、弯道极端坡度、弯道等距点间高差累加值这 4 个指标计算弯道危险指数;按得分由低到高依次划分一般危险(A 级)、显著危险(B 级)、高度危险(C 级)和极其危险(D 级)。省道线上弯道共 1 583 处(合并后数目),弯道里程为 598 km。其中显著危险 1 038 处共 291.4 km、高度危险 464 处共 219.3 km。国道弯道路段为 761 处(合并后数目),弯道里程为 277 km。其中,显著危险 501 处共 141.6 km、高度危险 210 处共 101.8 km。省道的建水-元阳-绿春-江城-普洱线等 8 条线路上弯道较多。国道的玉溪-宁洱线等 9 条线路上弯道较多。

使用弯道路段危险指数评价了 16 个州(市)国道、省道的弯道危险程度。红河、普洱、版纳的省道弯道危险等级为 D 级。玉溪的国道弯道路段危险等级为 D 级,16 个州(市)国道弯道路段危险等级 50% 为 B 级。

使用弯道路段危险指数评价了各省道沿线、各国道沿线道路弯道危险程度。跃片线(S316)等共 17 条省道的弯道路段危险指数等级为 D 级。国道线弯道路况相对较好,弯道路段危险等级在 A~C 级之间。

云南省国道、省道弯道总体分布西部多,东部少。按各州(市)为单位计算的国道,省道弯道路段危险等级,按国道、省道线计算的弯道路段危险等级都存在西部危险等级高,东部危险等级低的特征。云南省国道、省道直接受到高大山系、河流等的影响。如三江并流区、哀牢山、无量山、乌蒙山等区域的国道、省道弯道路段危险等级都较高。

## 5.2 研究展望

道路弯道复杂多样,三维空间中的弯道识别算法值得进一步研究。对道路评价中,本研究从道路弯道为出发点来开展研究。入弯道前的长下坡路段、天气因素、道路周边植物与建筑物遮挡等都会加剧弯道路段危险程度。道路弯道危险评价可加入气象数据、入弯道前长下坡路段数据;可将非弯道区也建立评价模型,将弯道区和非弯道区纳入道路整体评价。该研究在云南省省道、国道弯道路段识别与评价中取得一定的效果,在其它地方的推广有待同行继续深入研究。

## 参考文献:

- [1] 初雪梅,王珂娜,张维刚.基于分段直线模型的弯道识别算法的研究[J].汽车工程,2012,34(12):1141-1144.  
Chu X M, Wang K N, Zhang W G. A study on a recognition algorithm of curved lane based on piecewise straight line model[J]. Automotive Engineering, 2012, 34(12): 1141-1144.
- [2] 鲁曼,蔡自兴,李仪.道路区域分割的车道线检测方法[J].智能系统学报,2010,5(6):505-509.  
Lu M, Cai Z X, Li Y. A lane detection method based on road segmentation[J]. Transactions on Intelligent Systems, 2010, 5(6): 505-509.
- [3] 王雷.一种基于双曲线模型的车道线跟踪检测算法设计与实现[D].长春:吉林大学,2014.  
Wang L. Design and implementation of an algorithm for lane tracking and detection based on hyperbola model[D]. Changchun: Jilin University, 2014.
- [4] 陈勇,黄席樾,唐高友,等.基于机器视觉的车道检测与二维重建方法[J].仪器仪表学报,2007,28(7):1205-1210.  
Chen Y, Huang X Y, Tang G Y, et al. Lane detection and two dimensional rebuilding based on machine vision[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2007, 28(7): 1205-1210.
- [5] 黄晓慧,郭烈,李兵.高速公路弯道边界的识别与重建[J].计算机应用研究,2012,29(7):2787-2790.  
Huang X H, Guo L, Li B. Recognition and reconstruction for expressway bent lane line[J]. Application Research of Computers. 2012, 29(7): 2787-2790.
- [6] Khalifa O O, Khan I M, Assidiqa A M, et al. A hyperbola-pair based lane detection system for vehicle guidance[C]// Proc of world congress on engineering and computer science, San Francisco: IAENG, 2010: 585-588.
- [7] 贾世杰,郇瑞芹.基于 PHOG 特征及支持向量机的弯道自动检测[J].计算机工程与设计,2014,35(7):2531-2536.  
Jia S J, Gao R Q. Automatic curve detection based on PHOG feature and support vector machines[J]. Computer Engineering and Design, 2014, 35(7): 2531-2536.
- [8] 王广杰,何政伟,张新海.线性参考系统与动态分段技术在公路 GIS 中的应用研究[J].测绘科学,2008,33(3):81-84.  
Wang G J, He Z W, Zhang X H. The research of the linear referencing system and dynamic segmentation in the highway GIS[J]. Science of Surveying and Mapping, 2008, 33(3): 81-84.
- [9] 郭鹏,孙艳玲,马寿峰.面向交通事件管理的 GIS-T 数据模型[J].测绘通报,2011,6:25-28.  
Guo P, Sun Y L, Ma S F. Traffic incident management oriented GIS-T data model[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2011, 6: 25-28.
- [10] 盖文妹,蒋仲安,邓云峰.应急救援物资车辆运输路线多

- 目标优化[J]. 北京科技大学学报, 2014, 36(10):1384-1393.
- Gai W M, Jiang Z A, Deng Y F. Multi-objective route optimization of transporting emergency goods and materials for rescue[J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2014, 36(10):1384-1393.
- [11] 龚明昊, 欧阳志云, 宋延龄. 基于野生动物栖息地成本和 GIS 技术的道路选线—以大熊猫栖息地内四川 306 省道椅子垭口段为例[J]. 生态学报, 2014, 34(19):5627-5634.
- Gong M H, Ouyang Z Y, Song Y L. Route selection based on wildlife habitat cost and GIS: the Yiziyakou passage of Sichuan 306 road within giant panda habitat as a case study[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(19):5627-5634.
- [12] 曾文华, 鲍志雄, 金永新. 基于“云+端”的移动 GIS 道路养护巡查系统[J]. 测绘通报, 2013, 12:81-84.
- Zeng W H, Bao Z X, Jin Y X. A Road Maintenance and patrol system based on mobile GIS with synergy of cloud and client[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2013(12):81-84.
- [13] 向万里, 马寿峰, 钟石泉. 基于 GIS 的城市道路交通流信息发布系统应用研究[J]. 计算机应用研究, 2011, 28(6):2120-2122.
- Xiang W L, Ma S F, Zhong S Q. Applied research on urban road traffic flow information publishing system based on GIS[J]. Application Research of Computers, 2011, 28(6):2120-2122.
- [14] 杨忠振, 贾鹏, 于滨. 基于 GIS 的城市道路交通管理信息及交通资源分析系统[J]. 大连理工大学学报, 2006, 46(4):550-555.
- Yang Z Z, Jia P, Yu B. GIS-based road traffic control information and traffic resources analysis system[J]. Journal of Dalian University of Technology, 2006, 46(4):550-555.
- [15] 宁乐然, 黄俭才, 杨冬韵. 高速公路改扩建期交通应急管理研究进展[J]. 武汉工程大学学报, 2013, 35(9):24-28.
- Ning L R, Huang J C, Yang D Y. Research progress of traffic emergency management during expressway reconstruction[J]. Journal of Wuhan Institute of Chemical Technology, 2013, 35(9):24-28.
- [16] 杨云源. ENVI-IDL 可视化程序设计教程[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2015.
- Yang Y Y. ENVI-IDL visual programming tutorial[M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 2015.

## GIS Based Identification and Evaluation of Dangerous Curve Sections of the State Road and Provincial Road in Yunnan Province

YANG Yunyuan, XI Wujun, HE Ping

(Department of Geography and Tourism Management, Chuxiong Normal University, Chuxiong Yunnan 675000, China)

**Abstract:** In this study, curve extraction algorithm has been built to extract curve with IDL platform based on shapefile format data, a vector data of national road and provincial road and Aster GDEM raster data, a type of elevation data. Curve selections dangerous index was calculated to evaluate the rank of curve selections of each prefecture and all national road and provincial road in Yunnan province too. The curve extraction algorithm has been used to extract curve of state road and provincial road in Yunnan province, which length are totally 15 731 kilometers and the extraction accuracy of curve were greater than 90 percent. The result show that there are 1 583 merged curves on the provincial road and totally length is 598 kilometers. Among them, the number of more dangerous curves (level C) is 464 and total length is 219.3 kilometers. There are 761 merged curves on the national road and totally length is 277 kilometers. Among them, the number of more dangerous curves is 210 and total length is 101.8 kilometers. The hazard grade of curve selections of provincial road in Honghe prefecture, Puer prefecture, Banna prefecture are the worst (level D). The hazard grade of curve selections of national road in Yuxi prefecture is level D too. 50 percent of curve selections of national road of 16 prefectures are dangerous (level B). In all of provincial road, the hazard grade of curve selections of 17 provincial roads include Yuepian line (S316) are level D. In contrast, 7 National roads have good condition. The hazard grade of curve selections of national road are between level A (Less dangerous) and level C (More dangerous). This study reveals that dangerous curve selections of national road and provincial road appear mostly in west of Yunnan province.

**Key words:** national road and provincial road; curve extraction; curve dangerous index; curve selections dangerous index; identification and evaluation