

文章编号: 2095-2163(2023)03-0058-06

中图分类号: U491

文献标志码: A

车联网环境下司机路径选择行为研究

廖阳^{1,2}, 文义凡^{1,2}, 李迎峰^{1,2}

(1 西安建筑科技大学 管理学院, 西安 710055;

2 陕西(高校)哲学社会科学重点研究基地 陕西省房地产业绿色发展与机制创新研究中心, 西安 710055)

摘要: 为探究车联网环境下多种因素对司机路径选择的影响,以路网出行司机为研究对象,以调查问卷数据为基础,应用SPSS软件对多元影响因子进行关键因子筛选及影响特性分析,并采用二元Logit模型构建车联网环境下司机路径选择模型。分析结果表明:在司机个人属性中,驾龄、驾驶风格以及路径选择依据对司机路径选择行为影响最大;在出行特性中,司机对出行频率、出行距离更为敏感;交通信息的发布时间、内容、方式和准确度都较大程度地影响司机改变出行路径的概率。研究结果有利于交通管理部门制定诱导策略,提高交通效率,缓解城市交通压力。

关键词: 车联网; 路径选择; SP调查; Logit模型; 城市交通

Research on driver route choice behavior in Internet of Vehicles

LIAO Yang^{1,2}, WEN Yifan^{1,2}, LI Yingfeng^{1,2}

(1 School of Management, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China; 2 Shaanxi (University)

Key Research Base of Philosophy and Social Sciences-Shaanxi Real Estate Industry Green Development and Mechanism Innovation Research Center, Xi'an 710055, China)

[Abstract] In order to explore the impact of multiple factors on driver's path choice under the Internet of Vehicles environment, taking road network drivers as the research object, based on the questionnaire data, SPSS software is used to screen the key factors and analyze the impact characteristics of multiple influencing factors, and binary Logit model is used to build the driver's path choice model under the Internet of Vehicles environment. The results show that driving age, driving style and the basis of route choice have the greatest influence on the driver's route choice behavior among the driver's personal attributes; In the travel characteristics, drivers are more sensitive to travel frequency and travel distance; the timing, content, method and accuracy of traffic information release greatly affect the probability of drivers changing their travel routes. The research results are helpful for traffic management departments to formulate guidance strategies, which could improve traffic efficiency and relieve urban traffic pressure.

[Key words] Internet of Vehicles; path selection; SP survey; Logit model; urban transportation

0 引言

近年来,伴随着科学技术的进步和物质生活水平的提高,国内城市汽车保有数量以及汽车保有量超百万的城市数量都在不断增加,由此带来的城市交通拥堵问题也愈发严重。现如今,城市交通的规模与负荷也在加大,通过增加道路数量或扩大道路宽度和控制城市道路上的车辆数目来缓解交通压力,已经无法有效解决现有的城市交通问题。同时,交通网络以及信息时代的迅速发展,使得基于车联网环境下对道路资源的合理利用也达到了最大化,因而了解司机路径选择行为,更好地进行交通诱导,合理地分配路网流量、降低车辆延误时间,即已成为

提高路网运行效率的有效策略。基于此,调查车联网环境下司机路径选择行为就显得尤为重要,这也为后续交通管理部门发布相关诱导信息提供理论支撑。

在车联网环境下,有许多因素会影响司机的感知与判断,从而影响司机的路径选择。在提供交通信息的同时,不仅是相关决策因素会影响司机路径选择,司机对信息的感知、理解与处理等也会导致不同路径选择结果。韦增欣等人^[1]根据司机个人特性的路径选择,就是根据基于可能度和区间数相离度的多属性决策方法提出一种能够综合反映司机偏好的最优路径选择方法,为司机能更快地到达目的地提供一定的帮助。刘凯等人^[2]考虑出行者日常

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(41877527)。

作者简介: 廖阳(1979-),男,博士,副教授,主要研究方向:智能交通系统;文义凡(1998-),男,硕士研究生,主要研究方向:交通运输规划与管理;李迎峰(1977-),男,博士,讲师,主要研究方向:大数据仿真与分析研究。

通讯作者: 李迎峰 Email: liyingfeng@xauat.edu.cn

收稿日期: 2022-07-08

出行习惯,构建混合用户均衡模型分析交通消息对于出行者路径选择行为的影响。Chang 等人^[3]根据大量的调查数据,通过多因素分析,研究驾驶员路径选择行为特征的出行路径,为构建智能交通系统平台提供了理论依据。陈坚等人^[4]研究社交信息对路径选择的影响,设计无交通信息、部分交通信息和完全交通信息三种情形下的受验者路径选择行为实验并得到不同实验结论。傅志妍等人^[5]提出出行者对社交网络交通信息感受的 7 个潜变量,构建考虑潜变量的混合选择模型用以解释出行方式选择行为过程。李涛等人^[6]基于有限理性理论,提出了有限理性模型,并松弛原有 Logit 模型效用最大化假设,建立了有限理性下的 Logit 模型,可以解释出行者路径选择决策中的一些有限理性行为。Sangeetha 等人^[7]提出了一种基于模糊增益的动态蚁群算法,用于动态路径规划,得到安全、平滑的无碰撞路径规划,该算法在未来可以应用于实时道路网络和各种车辆路径问题的研究中。陈秀锋等人^[8]研究城市交通中的诱导信息对于出行者驾驶路径选择行为的影响。Deng 等人^[9]研究了西安市 11 000 多辆出租车的轨迹数据,考虑通勤者的路线选择行为在不同

距离出行中的异质性,更好地解释通勤者路线选择行为。高吉等人^[10]通过对 Logit 模型的应用来研究上海市居民出行方式及路径选择。

车联网环境下司机路径选择行为受多方面因素影响,本文基于 Bovy 等人^[11]对司机路径选择影响因素是通过采用模拟调查分析方法从不同的角度来分解影响因素,并从司机个体属性、出行特性、外界条件以及交通信息等方面设计调查问卷,接着通过统计分析影响司机路径选择的关键因子、作用机理及影响规律,最终利用二元 Logit 模型可实现司机路径选择预测。基于本次研究结果,可提出相应的决策建议,提高城市交通运行效率,缓解交通压力。

1 司机路径选择行为

本文在车联网环境的背景下,探究司机路径选择行为影响因素及其作用机理。根据 Wardrop^[12]第一平衡原理,出行者会根据道路实际状况,在达到出行目的过程中选择更有利的出行路径。而司机路径选择行为可视为司机对出行预规划路径的不断选择调整过程。这里,研究给出了车联网环境下司机路径选择过程如图 1 所示。

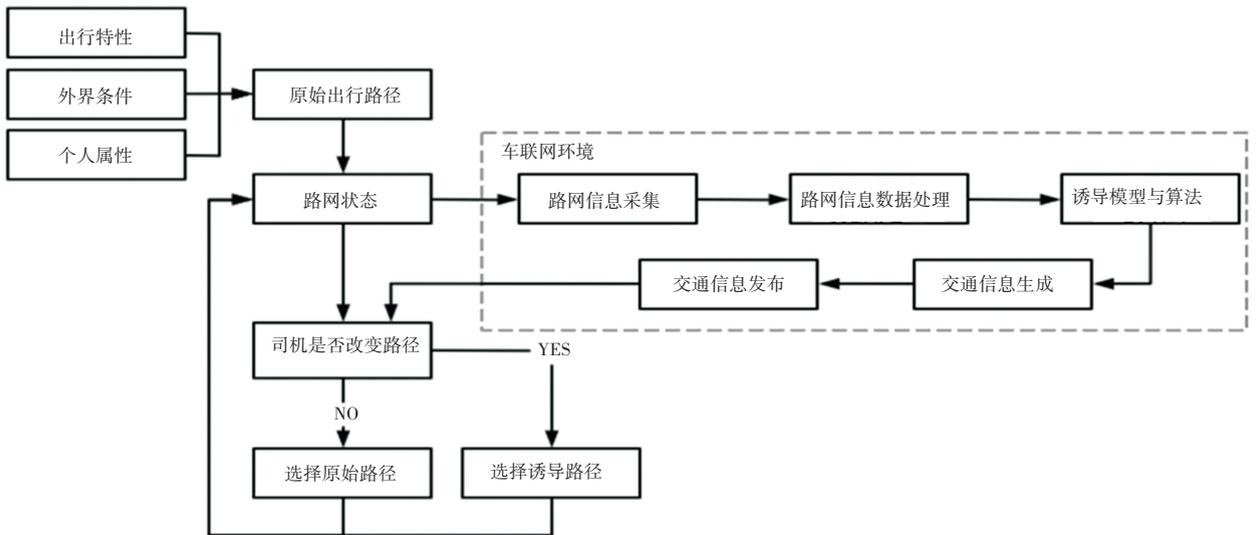


图 1 车联网环境下司机路径选择过程

Fig. 1 Drivers route selection process in the Internet of Vehicles environment

通过对现有国内外学者的研究进行分析,对影响司机路径选择因素做了系统整理与归纳,把司机路径选择影响因素归纳为 4 类,分别为:司机个体属

性类、出行特征类、外界条件类以及交通信息类,具体影响因子如图 2 所示。

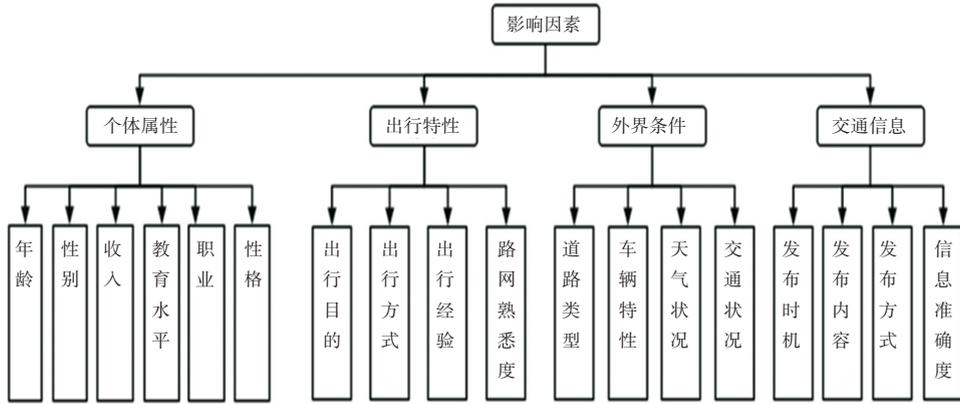


图2 司机路径选择影响因子

Fig. 2 Drivers route selection influence factors

2 研究方法与数据调查统计

2.1 数据来源

文中数据主要采用调研问卷方式获取。调研内容主要分为3个部分。第一部分为路网司机的统计学特征,包括司机的性别、年龄、驾龄、学历、职业、月收入以及驾驶风格等,从而确定司机的社会属性。第二部分为司机出行经历调查,主要包括出行目的、出行频率、出行距离、路径选择依据、路网熟悉程度等。第三部分主要为司机择路态度。共发放调研问卷588份,其中,有效问卷561份,有效率为95.4%。

2.2 二项Logit模型

由于本文研究的问题对象“司机在道路拥堵时是否选择变道”为二分类问题,因而选用了通常适用于估计以二分变量为因变量的模型的二元Logistic回归方法。

该模型中,设 $Y \in \{0, 1\}$, $P(Y = 1 | \mathbf{X})$ 为事件 Y 在条件 \mathbf{X} 的作用下发生的概率,取值范围为 $[0, 1]$;相应地, $P(Y = 0 | \mathbf{X})$ 为事件 Y 在条件 \mathbf{X} 的作用下不发生的概率。优势比 $Odds = P/(1 - P)$,取值范围为 $[0, +\infty)$ 。对 $Odds$ 取自然对数,可将概率 P 从取值范围 $[0, 1]$ 映射至 $(-\infty, +\infty)$,从而建立广义线性模型:

$$\text{Logit } P(Y = 1 | \mathbf{X}) = \ln \frac{P(Y = 1 | \mathbf{X})}{1 - P(Y = 1 | \mathbf{X})} = \mathbf{X}^T \boldsymbol{\beta} \quad (1)$$

对上式求解可得:

$$P(Y = 1 | \mathbf{X}) = \frac{e^{\mathbf{X}^T \boldsymbol{\beta}}}{1 + e^{\mathbf{X}^T \boldsymbol{\beta}}} \quad (2)$$

其中, $\mathbf{X} = (1, X_1, \dots, X_k)^T$; $\boldsymbol{\beta} = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)^T$,

β_0 为常数项, β_k 为各变量的回归系数。

以“在道路拥堵时是否选择变道”为因变量 Y ,取值为1时表示变道,取值为0时表示不变道;自变量为反映司机的基本信息、出行经历和择路态度等信息的变量。各变量的赋值定义,以及各选项的选择比例见表1。

2.3 模型标定

本文应用SPSS 26.0软件对模型进行二元Logistics回归和关键因子筛选,并采用“输入法”将各变量引入模型。筛选关键因子的标准为显著性水平0.1。逐步剔除显著性水平大于0.1的因子,最终筛选得到的变量组合以及相应的系数估计结果见表2。

结果表明驾龄、驾驶风格、出行频率、出行距离、路径选择依据、以及受访司机出行路径选择受交通状况和信息发布时间、发布内容、发布方式与准确度的影响程度,这10个因子对拥堵时是否改变路径有显著的影响。性别、年龄、学历、职业、月收入、出行目的、路网熟悉程度,以及受访司机出行路径选择受道路类型、车辆特征和天气状况的影响程度,这10个因子对拥堵时是否改变路径没有显著影响。具体分析如下:

在非分类变量(有序变量)中,驾龄的系数为0.255 ($P = 0.031 < 0.05$),这表明驾龄越长的司机拥堵时改变路径的概率更高。出行频率的系数为0.502 ($P = 0.000 < 0.05$),这表明出行频率越高的司机,拥堵时改变路径的概率更高。出行距离的系数为0.415 ($P = 0.000 < 0.05$),这表明司机出行距离越远,遇到拥堵时改变路径的概率更高。在司机的择路态度方面,交通状况、信息发布时机、信息发布内容、信息发布方式和信息准确度的系数分别为

0.390、0.244、0.232、0.328 和 0.189,相应的 P 值均小于 0.05,这表明受交通状况和信息发布情况影响程度较高的司机,遇到拥堵时改变路径的概率更高。

分类变量中,驾驶风格方面,普通型和激进型的系数分别为 1.812 和 2.907, P 值均小于 0.05,这表明普通型和激进型司机遇到拥堵时改变路径的概率明显高于保守司机(模型设定的基准水平),且积极型司机改变路径的概率更高。路径选择依据方面,个人经验的系数为 0.521($P = 0.049 < 0.05$),这表明

依靠个人经验选择路径的司机相较依靠交通信息诱导的司机(模型设定的基准水平),在拥堵时变更路线的概率更高;而依据家人或朋友推荐或利用其他方式选择路径的司机,变更路线的概率较基准水平的差异并不明显。

综上所述,驾龄长、驾驶风格较激进、出行频率高、出行距离长、路径选择依据个人经验、及路径选择更易受到交通状况和信息发布情况影响的司机,在遇到拥堵时改变路径的概率更高。

表 1 SP 调查问卷统计表

Tab. 1 Statistical table of SP questionnaire

类别	调查项	选项	赋值	比重/%
因变量	道路拥堵时是否选择变道	①是	1	67.38
		②否	0	32.62
基本信息	性别	①男	1	60.61
		②女	0	39.39
	年龄/岁	①18~30	1	14.62
		②30~40	2	25.49
		③40~50	3	30.48
		④50~60	4	18.89
		⑤60及以上	5	10.52
	驾龄/年	①0~3	1	16.40
		②3~5	2	32.44
		③5~10	3	32.09
	学历	④10及以上	4	19.07
		①初中及以下	1	9.63
		②高中或中专	2	46.88
		③本科或大专	3	38.68
	职业	④研究生	4	4.81
①学生		1	1.78	
③企业或事业单位职员		2	43.49	
④个体经营户		3	4.81	
⑤自由职业者		4	4.99	
⑥公务员		5	9.27	
⑦退休人员		6	12.30	
⑧其他		7	23.35	
月收入/元	①0~3 000	1	16.22	
	②3 000~5 000	2	25.85	
	③5 000~10 000	3	39.57	
	④10 000~15 000	4	14.44	
	⑤15 000及以上	5	3.92	
驾驶风格	①保守型	1	28.70	
	②普通型	2	51.69	
	③激进型	3	19.61	
出行经历	出行目的	①上班通勤	1	51.16
		②生活购物	2	20.68
		③休闲娱乐	3	8.91
		④旅游	4	4.81
		⑤其他	5	14.44
出行频率	①很少	1	13.73	
	②每周至多2次	2	11.59	
	③每周至少3次	3	28.52	
	④几乎每天	4	46.17	
出行距离	①0~5	1	23.71	
	②5~10	2	31.73	
	③10~15	3	29.23	
	④15及以上	4	15.33	
路径选择依据	①交通信息诱导	①交通信息诱导	1	28.16
		②个人经验	2	45.63
		③家人或朋友推荐	3	15.15
		④其他	4	11.05

续表 1

类别	调查项	选项	赋值	比重/%
择路态度	路网熟悉程度	① 完全不熟悉	1	7.84
		② 不熟悉	2	9.09
		③ 一般	3	14.08
		④ 比较熟悉	4	39.04
		⑤ 非常熟悉	5	29.95
	道路类型影响程度	① 非常不同意	1	11.23
		② 不同意	2	14.08
		③ 无所谓	3	14.08
		④ 同意	4	38.50
		⑤ 非常同意	5	22.10
	车辆特性影响程度	① 非常不同意	1	10.70
		② 不同意	2	16.40
		③ 无所谓	3	19.79
		④ 同意	4	38.86
		⑤ 非常同意	5	14.26
	天气状况影响程度	① 非常不同意	1	8.02
		② 不同意	2	5.88
		③ 无所谓	3	17.47
		④ 同意	4	39.57
		⑤ 非常同意	5	29.06
	交通状况影响程度	① 非常不同意	1	10.16
		② 不同意	2	10.16
		③ 无所谓	3	15.51
		④ 同意	4	41.89
		⑤ 非常同意	5	22.28
信息发布时机影响程度	① 非常不同意	1	9.98	
	② 不同意	2	7.13	
	③ 无所谓	3	16.40	
	④ 同意	4	45.99	
	⑤ 非常同意	5	20.50	
信息发布内容影响程度	① 非常不同意	1	8.73	
	② 不同意	2	8.73	
	③ 无所谓	3	16.93	
	④ 同意	4	45.45	
	⑤ 非常同意	5	20.14	
信息发布方式影响程度	① 非常不同意	1	8.73	
	② 不同意	2	7.31	
	③ 无所谓	3	15.15	
	④ 同意	4	45.28	
	⑤ 非常同意	5	23.53	
信息准确度影响程度	① 非常不同意	1	10.87	
	② 不同意	2	7.31	
	③ 无所谓	3	17.65	
	④ 同意	4	40.11	
	⑤ 非常同意	5	24.06	

表 2 Logit 回归估计结果

Tab. 2 Logit regression estimation results

变量	系数	标准误差	瓦尔德	显著性	Exp(β)
驾龄/年	0.255	0.118	4.666	0.031	1.290
驾驶风格			78.281	0.000	
普通型	1.812	0.246	54.471	0.000	6.123
激进型	2.907	0.397	53.607	0.000	18.302
出行频率	0.502	0.102	24.005	0.000	1.652
出行距离	0.415	0.114	13.278	0.000	1.514
路径选择依据			6.316	0.097	
个人经验	0.521	0.265	3.870	0.049	1.683
家人或朋友推荐	-0.012	0.346	0.001	0.973	0.988
其他	0.662	0.386	2.942	0.086	1.939
交通状况	0.390	0.092	17.865	0.000	1.477
信息发布时机	0.244	0.095	6.589	0.010	1.276
信息发布内容	0.232	0.095	5.969	0.015	1.261
信息发布方式	0.328	0.097	11.403	0.001	1.388
信息准确度	0.189	0.090	4.424	0.035	1.208
常量	-8.896	1.051	71.713	0.000	0.000

注:分类变量“驾驶风格”以“保守型”为基准;分类变量“路径选择依据”以“交通信息诱导”为基准

2.4 模型准确性检验

为检验模型的准确性,本文对比了561份样本中受访司机遇到拥堵时是否改变路径的实测值和预测值。对预测值取0.5为临界值,预测值大于等于0.5的为变更路径,小于0.5的为不变更路径,结果见表3。结果表明,临界值取0.5时,模型的总体预测准确率为78.3%,预测效果较好。其中,对不改变路径的预测准确率为59.6%,对改变路径的预测准确率为87.3%。

表3 实测结果与模型预测结果对比表

Tab. 3 Comparison between measured results and model prediction results

实测	预测		正确百分比/%
	不变更	变更	
不变更	109	74	59.6
变更	48	330	87.3
总体百分比			78.3

3 结束语

运用二元Logit模型分析车联网环境下司机路径选择行为影响因素,包括司机个体属性、出行特性、外界条件以及交通信息四个方面,共包含10个显著影响因子。研究发现:

(1)在司机个体属性方面,丰富的驾驶经验与激进的驾驶风格更容易影响司机改变出行路径。

(2)在出行特性方面,出行频率高、出行距离长、路径选择依据个人经验的司机在遇到拥堵时改变路径的概率更高。

(3)在外界条件方面,出行司机更多地关注路网交通状况,而其他外界因素对司机路径选择影响较小。

(4)车联网环境下交通信息发布的时机、内容、方式以及信息的准确度都会对司机出行路径造成较大影响,这也要求交通管理部门在发布相关交通信息时需着重考虑上述因素。

参考文献

- [1] 韦增欣,陈进来,罗朝晖. 基于驾驶员偏好的最优路径选择[J]. 交通运输系统工程与信息,2010,10(06):141-144.
- [2] 刘凯,周晶. 交通信息诱导下的混合用户均衡模型研究[J]. 系统工程理论与实践,2020,40(02):415-425.
- [3] CHANG X. Investigation and analysis of driver route choice behavior[J]. CICTP 2015, 2015: 2643-2650.
- [4] 陈坚,余豪,张弛. 社交网络环境下交通信息接受行为研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版),2020,39(12):13-19,25.
- [5] 傅志妍,赵翰林,陈坚,等. 社交网络交通信息对出行方式选择行为影响模型[J]. 交通运输系统工程与信息,2019,19(02):22-29.
- [6] 李涛,关宏志. 路况信息发布时出行者有限理性路径选择行为及建模研究[J]. 公路交通科技,2018,35(03):94-102.
- [7] SANGEETHA V, KRISHANKUMAR R, RAVICHANDRAN K S, et al. A fuzzy gain-based dynamic ant colony optimization for path planning in dynamic environments[J]. Symmetry, 2021, 13(2): 280.
- [8] 陈秀锋,陈伟. 诱导信息条件下驾驶路径选择行为分析[J]. 现代电子技术,2022,45(01):132-135.
- [9] DENG Yajuan, LI Meiyi, TANG Qing, et al. Heterogenous trip distance-based route choice behavior analysis using real-world large-scale taxi trajectory data[J]. Journal of Advanced Transportation, 2020, 2020: 8836511.
- [10] 高吉,干宏程,刘晓芸,等. 基于嵌套Logit模型的交通出行选择行为研究[J]. 智能计算机与应用,2021,11(07):50-53,59.
- [11] BOVY P H, STERN E. Route choice: Wayfinding in transport networks: Wayfinding in transport networks[M]. USA: Springer Science & Business Media, 2012.
- [12] WARDROP J G. Some theoretical aspects of road traffic research[J]. ICE Proceedings Engineering Divisions, 1952, 1(3): 325-362.
- [11] HAN Song, MAO Huizi, DALLY W J. Deep compression: Compressing deep neural networks with pruning, trained quantization and Huffman coding[C]// International Conference of Learning Representations (ICLR). Puerto Rico: dblp, 2016: 1-14.
- [12] CHIU C T, MEHROTRA K, MOHAN C K, et al. Modifying training algorithms for improved fault tolerance[C]// IEEE International Conference on Neural Networks (ICNN). Orlando, FL, USA: IEEE, 1994: 333-338.
- [13] XIA Lixue, LIU Mengyun, NING Xuefei, et al. Fault-tolerant training enabled by on-line fault detection for RRAM-based neural computing systems[J]. IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, 2019, 38(9): 1611-1624.
- [14] CHEN Lerong, LI Jiawen, CHEN Yiran, et al. Accelerator-friendly neural-network training: Learning variations and defects in RRAM crossbar[C]// Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE). Lausanne, Switzerland: IEEE, 2017: 19-24.

(上接第57页)